

ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อองค์ประกอบของร่างกายและ  
การทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า  
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF AEROBIC INTERVAL TRAINING WITH WEIGHT ON BODY COMPOSITION AND  
VASCULAR FUNCTION IN MORBID OBESITY PERSONS



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Doctor of Philosophy in Sports Science

Common Course

FACULTY OF SPORTS SCIENCE

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักต่อองค์ประกอบของร่างกายและการทำงานของ หลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
โดย	น.ส.ฉันทยานันต์ วรเศรษฐวัฒน์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.ฮีโรฟุมิ ทานากะ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สุเทพ อุดมแสงทรัพย์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(ศาสตราจารย์ ดร.ฮีโรฟุมิ ทานากะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สุเทพ อุดมแสงทรัพย์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา ไค้งประเสริฐ)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย)



# # 6078603039 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORD: Morbid obesity, Vascular function, Body composition, Aerobic interval training with weight

Tunyakarn Worasettawat : EFFECTS OF AEROBIC INTERVAL TRAINING WITH WEIGHT ON BODY COMPOSITION AND VASCULAR FUNCTION IN MORBID OBESITY PERSONS. Advisor: Prof. DAROONWAN SUKSOM, Ph.D. Co-advisor: Prof. Hirofumi Tanaka, Ph.D., Assoc. Prof. Suthep Udomsawangsap, M.D.

The purpose of this study was to compare the acute and chronic effects of interval training on physiological responses, energy expenditure, vascular function, and physical fitness in participants with morbid obesity.

In the acute exercise study, 12 lean (BMI 18.5-22.9 kg/m<sup>2</sup>) and 12 obese (BMI ≥37.5 kg/m<sup>2</sup>) males and females, aged 18-50 years, performed an acute bout of continuous training and interval training. The physiological variables, vascular function, energy expenditure and enjoyment score were measured before and after the acute exercise. A 2x3 ANOVA with repeated measures was applied to analyze the data followed by LSD's multiple comparisons. The results from study 1 were used to set exercise intensity in the chronic exercise study.

In the chronic exercise study, twenty-six males and females were divided into 2 groups based on their BMI: lean group, BMI 18.5-22.9 kg/m<sup>2</sup> (n=26) and obese group with BMI ≥37.5 kg/m<sup>2</sup> (n=12). Both groups performed high-intensity interval training 5 times per week for 12 weeks. In the first 1-6 weeks, the training comprised of six sets alternating between high intensity (1 minute at 75-85% HRR) and low intensity (4 minutes at 45-55% HRR). In the 7-12 week, participants performed exercise at intensity-level as session 1 but add 2 more sets (8 sets). Every training started with 10-minute warm-up, and ended with 15-minute cool-down. Body composition, vascular function, physical fitness, blood biochemical data, and quality of life were measured before and after the 12-week trainings. A 2x3 ANOVA with repeated measurement was applied to analyze the data followed by LSD's multiple comparisons.

The results of the study were as follows:

In the acute exercise study, obese participants had higher energy expenditure than lean participants during both continuous training and interval training (p<0.05). The enjoyment score was significantly higher in high intensity interval training than in continuous training (p<0.05), and flow-mediate dilation was increased in both groups (p<0.05).

In the chronic exercise study, the obese group increased muscle and bone mass density after the training (p<0.05). Flow-mediated dilation, an index of endothelium dependent vasodilation was increased, but intima-media thickness decreased in the obese group (all p<0.05). The obese group had higher muscle strength than the lean group. Muscle endurance (1 minute sit to stand test) and flexibility, maximal oxygen uptake were all increased in the lean group (all p<0.05). Resting metabolic rate and fat oxidation were reduced in the obese group (all p<0.05). Low density lipoprotein cholesterol decreased in the obese group (p<0.05). Plasma concentration of Leptin decreased but adiponectin and high-density lipoprotein cholesterol were increased in the lean group (all p<0.05). Quality of life scores in obese participants were significantly lower than lean participants (p<0.05)

In conclusion, interval training can be a feasible and effective exercise for enhancing body composition vascular function and muscle strength and endurance in morbidly obese adults. The interval training is safe, noninducing injury and enjoyable training.

Field of Study: Sports Science

Student's Signature .....

Academic Year: 2020

Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความมีเมตตากรุณา และความช่วยเหลือดูแลเป็นอย่างดีของศาสตราจารย์ ดร. ดรณวรรณ สุขสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ท่านได้เสียสละเวลาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด ด้วยความรัก ความเข้าใจ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง และไม่สามารถหาคำใดมาบรรยายความรู้สึกได้ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.อิโรพุมิ ทานากะ และรองศาสตราจารย์ นพ.สุเทพ อุดมแสวงทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ท่านได้เสียสละเวลาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิด แนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา ไค้งประเสริฐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย กรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะ คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัย ที่เสียสละเวลาอันมีค่า และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในงานวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ที่อบรมสั่งสอนให้โอกาสในการศึกษา คอยสนับสนุน ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และผลักดันให้ผู้วิจัยศึกษาและดำเนินการทำวิจัยจนประสบความสำเร็จ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และสุขภาพ และเพื่อน พี่น้อง บัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่สละเวลา คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มอบทุนสำหรับดำเนินการทำวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้คุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดามารดา ครูบาอาจารย์ และทุกท่านที่อบรมสั่งสอน เลี้ยงดู ให้ความรู้ และการสนับสนุนผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

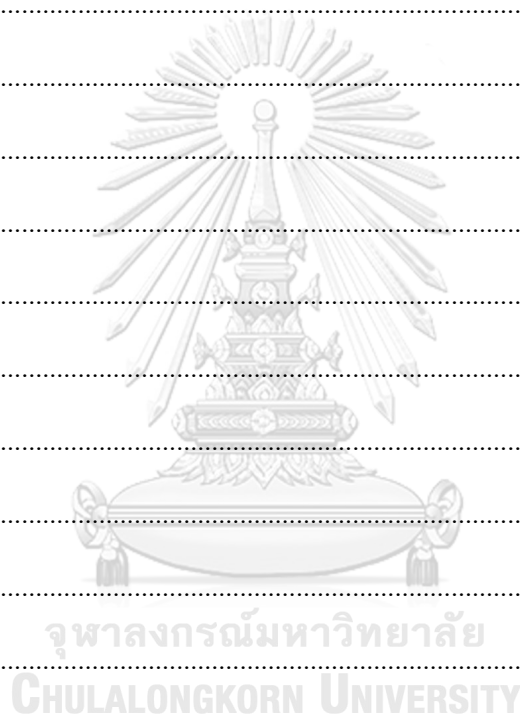
## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ .....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ในการวิจัย .....	7
คำถามของการวิจัย.....	8
สมมติฐานของการวิจัย.....	9
ขอบเขตของการวิจัย.....	10
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	12
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย .....	14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	16
โรคอ้วนรุนแรง.....	17
การทำงานของหลอดเลือด.....	25
การออกกำลังกาย.....	36
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	45
งานวิจัยในประเทศ.....	45
งานวิจัยต่างประเทศ.....	46

กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	48
การศึกษาที่ 1 .....	48
การศึกษาที่ 2 .....	49
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	51
การศึกษาที่ 1 .....	51
กลุ่มตัวอย่าง .....	51
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย .....	53
การวิเคราะห์ข้อมูลของการศึกษาที่ 1 .....	65
การศึกษาที่ 2 .....	66
กลุ่มตัวอย่าง .....	66
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย .....	68
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	84
การวิเคราะห์ข้อมูล การศึกษาที่ 2 .....	88
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	89
การศึกษาที่ 1 เปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง .....	92
การศึกษาที่ 2 เปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของ หลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายใน ชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโร บิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง .....	108
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	135
การศึกษาที่ 1 .....	135
สรุปผลการวิจัย .....	136
อภิปรายผล .....	136



การศึกษาที่ 2 .....	143
สรุปผลการวิจัย.....	143
อภิปรายผล.....	146
สรุปผลการศึกษาวิจัยในภาพรวม.....	162
ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย.....	162
ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป .....	163
บรรณานุกรม.....	164
ภาคผนวก .....	189
ภาคผนวก ก .....	190
ภาคผนวก ข .....	193
ภาคผนวก ค .....	221
ภาคผนวก ง.....	224
ภาคผนวก จ .....	227
ภาคผนวก ฉ .....	231
ภาคผนวก ช .....	233
ภาคผนวก ฌ .....	237
ภาคผนวก ญ .....	241
ภาคผนวก ฎ.....	244
ภาคผนวก ฏ.....	253
ภาคผนวก ฐ .....	255
ภาคผนวก ท.....	260
ภาคผนวก ฒ .....	279
ภาคผนวก ณ .....	281
ภาคผนวก ด .....	286



ภาคผนวก ต .....	288
ภาคผนวก ถ .....	302
ภาคผนวก ท.....	312
ประวัติผู้เขียน.....	313



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ค่าดัชนีมวลกายกับโภชนาการในเอเชีย .....	18
ตารางที่ 2 สรุปผลแทรกซ้อนของโรคอ้วน .....	20
ตารางที่ 3 โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก (Aerobic interval training with weight) ของกลุ่มตัวอย่าง.....	69
ตารางที่ 4 กำหนดช่วงเวลาและการดำเนินการเก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย.....	80
ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง	92
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ การใช้พลังงานระหว่างออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง .....	98
ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง .....	101
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบสลับช่วง ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง .....	105
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง.....	108
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับ	

ช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง  
 ..... 115

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปร  
 ด้านสมรรถภาพทางกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง  
 ประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง... 118

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปร  
 ด้านการใช้พลังงาน ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง  
 ประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง... 122

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปร  
 ด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง  
 ประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง... 125

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปร  
 ด้านกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าระหว่างก่อนและหลัง  
 การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มี  
 น้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ..... 132

## สารบัญรูปลูกภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงชั้นของผนังหลอดเลือด .....	26
รูปที่ 2 แสดงกลไกการสร้างไมโทคอนเดรียเมื่อมีการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง .....	43
รูปที่ 3 กรอบแนวคิดของการศึกษาที่ 1 .....	49
รูปที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัยการศึกษาที่ 2 .....	50
รูปที่ 5 การทดลองแบบไขว้กัน (Crossover design).....	52
รูปที่ 6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยของการศึกษาที่ 1 .....	58
รูปที่ 7 แสดงการออกกำลังกายแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก (Aerobic interval training with weight) ช่วงเริ่มต้นฝึกออกกำลังกาย .....	63
รูปที่ 8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	73
รูปที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา ก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง .....	93
รูปที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้าน สรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ) .....	94
รูปที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้าน สรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ) .....	95
รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้าน สรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ) .....	96
รูปที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราการเต้นของ หัวใจสูงสุด ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ การใช้พลังงานระหว่างออกกำลังกาย ระหว่างการ	

- ออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง..... 99
- รูปที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราการเต้นสูงสุด ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ การใช้พลังงานระหว่างออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)..... 100
- รูปที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ..... 102
- รูปที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)..... 103
- รูปที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)..... 104
- รูปที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง..... 106
- รูปที่ 19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ) ..... 107
- รูปที่ 20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง..... 110



- รูปที่ 30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)..... 128
- รูปที่ 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)..... 129
- รูปที่ 32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต แลภาวะซึมเศร้าระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง..... 133





## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (Morbid obesity) หมายถึงกลุ่มบุคคลที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.50 กิโลกรัมต่อเมตร<sup>2</sup> ตามเกณฑ์ของกลุ่มประชากรที่อยู่ในภูมิภาคเอเชีย (World Health Organization, 2004) ทั้งนี้โรคอ้วนรุนแรงถือว่าเป็นโรคเรื้อรังชนิดหนึ่งที่ทำกรการรักษาได้ยาก หากไม่ทำการรักษาผู้ป่วยจะเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความอ้วนจนกระทั่งเสียชีวิตก่อนวัยอันควรได้ (ธีรพล อังกูรภักดีกุล, 2560) การเสียชีวิตก่อนวัยอันควรที่มาจากโรคอ้วนรุนแรงมักเกิดจากการมีภาวะแทรกซ้อนหรือโรคร่วมอันได้แก่ โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเบาหวาน โรคมะเร็งบางชนิด โรคความดันโลหิตสูง อาการหายใจไม่ออก ระบบการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ ภาวะไขมันในเลือดสูง และความผิดปกติทางภาวะจิตใจ เช่น ภาวะซึมเศร้า เป็นต้น (Livhits et al., 2010) ปัจจุบันจำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคอ้วน (Obesity) และอ้วนรุนแรง (Morbid obesity) มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ. 2559 องค์การอนามัยโลกพบว่าผู้ป่วยโรคอ้วน (Obesity) ที่อยู่ในวัยทำงานมีจำนวนมากถึง 650 ล้านคน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 13 ของประชากรที่อยู่ในวัยนี้ทั่วโลก (เป็นเพศชายร้อยละ 11 และเพศหญิงร้อยละ 13) (World Health Organization, 2018) และมีการรายงานว่าภายในปีพ.ศ. 2568 จะมีผู้ป่วยที่เป็นโรคอ้วนทั่วโลก เป็นเพศชายเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 18 เพศหญิงร้อยละ 21 ส่วนกลุ่มที่มีความอ้วนระดับรุนแรงจะเพิ่มขึ้นในเพศชายถึงร้อยละ 6 เพศหญิงร้อยละ 9 และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 3,000 ล้านคนในปี พ.ศ. 2573 (Kelly et al., 2008) ทั้งนี้ ในประเทศไทยก็มีอัตราผู้ป่วยที่เป็นโรคอ้วน (Obesity) และโรคอ้วนรุนแรง (Morbid obesity) เพิ่มจำนวนมากขึ้นเช่นกัน จากการรายงานสถิติผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อเมตร<sup>2</sup> ในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าจากปี พ.ศ. 2534 ที่มีเพียงร้อยละ 3.2 เพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 9.1 ในปี พ.ศ. 2552 (รายงานสุขภาพคนไทยปี พ.ศ. 2557, 2557)

การเพิ่มจำนวนผู้ป่วยโรคอ้วนที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางสังคม ความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นร่วมกับการมีพฤติกรรมการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป โรคร่วมที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนมีมากมาย โดยเฉพาะโรคเบาหวานเกือบจะร้อยละ 90 ของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 diabetes) เป็นผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน เนื่องจากเซลล์ไขมันบริเวณท้องมีมากเกินไปทำให้นำไปสู่การเป็นโรคเบาหวาน และการทำงานที่ผิดปกติของหลอดเลือด (Ahmad, 2016) โรคอ้วนสัมพันธ์กับการทำงานของหลอดเลือดผิดปกติซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่นำไปสู่การเกิดโรคร่วมมากมาย ทั้งนี้เกิดจากการมีเนื้อเยื่อไขมันในร่างกายและเซลล์ไขมันที่สูงเกินไป ส่งผลกระทบต่อระบบการทำงานของหลอดเลือด การมีเซลล์ไขมันในช่องท้อง (Visceral fat cell) สูงมีความสัมพันธ์กับการแข็งตัวของ

หลอดเลือดและความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ และยังส่งผลต่อการอักเสบของผนังหลอดเลือด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากต่อการเกิดการทำงานของหลอดเลือด (Nijhuis, et al., 2007) ในปัจจุบันพบว่าความผิดปกติของการทำงานของหลอดเลือดเกิดจากการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดหรือเอนโดทีเลียมเซลล์ (Endothelium cell) ที่ทำงานผิดปกติ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและเกิดการขาดเลือดไปเลี้ยงอวัยวะที่เข้าไปหล่อเลี้ยงอย่างเฉียบพลัน (Brook, 2006) เอนโดทีเลียมเซลล์เป็นเซลล์ที่อยู่ชั้นในสุดของหลอดเลือดโดยมีบทบาทในการสร้างความสมดุลให้กับหลอดเลือด ควบคุมการหดตัวและขยายตัวของหลอดเลือด (Vasoconstriction and Vasodilation) ควบคุมกระบวนการแข็งตัวของเลือด ป้องกันการอุดตันของลิ่มเลือด ต้านการอักเสบในหลอดเลือด (Inflammation) ควบคุมการงอกใหม่ของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบในหลอดเลือด เป็นเซลล์เป้าหมายในการตอบสนองต่อฮอร์โมนต่างๆ และช่วยในการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (Immune system) มีการศึกษาจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่าความผิดปกติของการทำงานของหลอดเลือดหัวใจเป็นเหตุให้เกิดความเจ็บป่วยและทำให้เสียชีวิตมากที่สุด โดยมีความสัมพันธ์กับโรคเบาหวาน โรคอ้วนลงพุงหรือกลุ่มอาการทางเมตาบอลิก (Metabolic syndrome) และโรคไขมันในเลือดสูง (Dyslipidemia) เป็นต้น (Soodini et al., 2006)

นอกจากนี้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงยังมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้า ค่าดัชนีมวลกายที่สูงมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้า และสุขภาพที่ไม่ดีส่งผลต่อคุณภาพชีวิต ดังนั้นสุขภาพจิตในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเป็นอิทธิพลหลักที่ส่งผลกระทบต่อรายงานสุขภาพทางกายด้วยตนเอง (self-reported physical health) ได้แก่ การทำงานของสมรรถภาพทางกาย บทบาทการทำงานของร่างกาย และอาการเจ็บปวดของร่างกาย (Fabricatore et al., 2005; Andersen et al., 2010) สุขภาพที่ย่ำแย่ และร่างกายที่ขาดประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่างๆ ส่งผลต่อการเพิ่มภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (Dixon et al., 2003) Dixon et al. (2003) พบว่าการประเมินภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงที่มีระดับคะแนนสูงมีความสัมพันธ์กับการมีกิจกรรมทางกายที่ต่ำ และการมีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดี แต่เมื่อทำการลดน้ำหนักจะส่งผลให้คะแนนการประเมินภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงลดลง จะเห็นได้ว่าการมีน้ำหนักตัวสูง ส่งผลต่อการเกิดภาวะซึมเศร้าซึ่งมีความสัมพันธ์มาจากสมรรถภาพทางกายที่ถดถอยเนื่องจากการมีกิจกรรมทางกายต่ำ จึงส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรง และนอกจากนี้ความอ้วนยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อภาพลักษณ์ของตนเองทำให้เกิดการลดค่าของตนเอง การถอนตัวออกจากสังคม การถูกกีดกัน และการถูกตีตราทางสังคมเนื่องจากความอ้วนเป็นเรื่องที่ผิดปกติทางสังคมของพวกเขา ส่งเสริมทำให้เกิดภาวะซึมเศร้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของความคาดหวังทางสังคมสูง และเรื่องของความงามที่ตรงกันข้าม ทำให้มีวิถีชีวิตที่แย่งลงเช่น การดื่มแอลกอฮอล์มากเกินไป และนิสัยการรับประทานอาหารที่ไม่ดีต่อสุขภาพ (Milano et al., 2020) ดังนั้นจากข้อมูลโรคร่วมที่เกิดขึ้นทำให้มีความตื่นตัวต่อการป้องกัน และรักษา

โรคอ้วนรุนแรงมากยิ่งขึ้น หลักสำคัญของการจัดการกับโรคอ้วนคือการลดน้ำหนัก มีทั้งการควบคุมอาหาร การออกกำลังกาย การรักษาด้วยการรับประทานยา และการผ่าตัด เพื่อช่วยลดความดันโลหิต น้ำตาลในเลือด และระดับไขมันในเลือด ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจในผู้ที่มีภาวะอ้วน (Rider et al., 2009)

การออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีเป้าหมายหลักเพื่อปรับปรุงองค์ประกอบของร่างกาย การเผาผลาญพลังงานในร่างกาย และสมรรถภาพทางกาย ดังนั้นการออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจึงควรได้รับการออกกำลังกายมากกว่าหรือเท่ากับ 150 นาทีต่อสัปดาห์ มีความหนักในระดับปานกลาง (Moderate intensity) ถึงระดับสูง (Vigorous intensity) (ACSM, 2018) ซึ่งมีรายงานการศึกษาถึงการออกกำลังกายแบบแรงต้านกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง โดยแบ่งกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออกกำลังกายด้วยแรงต้านและกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกโดยจะได้รับการออกกำลังกาย 3 วันต่อสัปดาห์ โดยออกกำลังกายทั้งหมด 16 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแรงต้านจะได้รับการออกกำลังกายแบบแรงต้านทั้งหมด 8 ท่ามีดกล้ามเนื้อใหญ่ ทำการยก 10 ครั้งต่อท่า ทำ 2-3 เซตต่อ 1 ท่า ส่วนกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกจะได้รับการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 65-85% HRR พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีความดันโลหิตลดลงและรอบเอวลดลง (Sukala, W. R. et al., 2012) Danielsen, et al. (2013) พบว่าหลังจากการออกกำลังกายที่มีปริมาณสูงเป็นเวลา 10-14 สัปดาห์ ช่วยให้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีน้ำหนักตัว มวลไขมัน และไขมันในช่องท้องลดลง และหลังจากออกกำลังกาย 6-12 เดือนพบว่า ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ระดับน้ำตาลในเลือด ไตรกรีเซอไรด์ และไขมันไม่ดี (Low Density Lipoprotein; LDL) ลดลงแต่ไขมันดี (High Density Lipoprotein; HDL) สูงขึ้น จึงสรุปว่าการออกกำลังกายที่มีปริมาณสูงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้ และมีรายงานการวิจัยของ Marcon, E. R. et al. (2011) พบว่าเมื่อผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงออกกำลังกายด้วยการเดินที่ความหนักเบา 30 นาที เป็นเวลา 6 เดือนที่บ้าน ไขมันในเลือด สมรรถภาพทางกาย ระดับน้ำตาลในเลือด ความดันโลหิต และค่าดัชนีมวลกายมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ดังนั้นการออกกำลังกายที่เหมาะสมจะช่วยปรับปรุงสุขภาพร่างกายของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้เป็นอย่างมาก แต่ยังมีรายงานการวิจัยที่ยังไม่ชัดเจนถึงวิธีการออกกำลังกาย ปริมาณ ความหนัก ประเภทการออกกำลังกาย และการออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการปรับปรุงสุขภาพร่างกายให้กับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

การออกกำลังกายสลับช่วง (Interval training) เป็นการฝึกการออกกำลังกายที่มีช่วงสลับระหว่างช่วงที่ออกกำลังกายหนักกับช่วงที่ออกกำลังกายเบาหรือหยุดพัก ซึ่งการออกกำลังกายที่ความหนักสูงในช่วงระยะสั้นสลับกับช่วงพัก ร่างกายจะมีกลไกในการกู้คืนพลังงานได้อย่างรวดเร็ว และเต็มที่ เนื่องจากในช่วงแรกของการออกกำลังกายร่างกายต้องการออกซิเจนในปริมาณที่สูงเพื่อไปเลี้ยง

กล้ามเนื้อ แต่การหายใจและการไหลเวียนเลือดที่ต้องการให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนเพื่อนำไปเลี้ยงกล้ามเนื้อไม่สอดคล้องกับความต้องการจึงนำพลังงานจากแหล่งสะสมพลังงานที่เก็บกักไว้ในเซลล์มาใช้ โดยมีออกซิโมโกลบิน (Oxymyoglobin) เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานในเซลล์ และมีครีเอตินฟอสเฟต (Creatine phosphate; CrP) ฟอสฟาเจน (Phosphagen) ที่เติมไปด้วยพลังงานมาใช้ หลังจากนั้นเมื่อมีการสลับช่วงกับระยะพักจะเกิดการกักเก็บพลังงานไปเก็บไว้ที่ออกซิโมโกลบินและมีการกลับคืนของครีเอตินฟอสเฟตได้อย่างรวดเร็วและเต็มที่ จึงส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption) ของร่างกายซึ่งเป็นการตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Tschakert & Hofmann, 2013) และการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงอย่างต่อเนื่องจะส่งผลต่อการเพิ่มพีจีซีวีนแอลฟา (PGC-1 $\alpha$ ) ทำให้มีการผลิตไมโตรคอนเดรียเพิ่มสูงขึ้นทำให้อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายเพิ่มขึ้น และยังช่วยเพิ่มการเก็บกักไกลโคเจน (Glycogen) ในขณะพัก ลดอัตราการสลายไกลโคเจน มีการผลิตแลคเตท (Lactate) ระหว่างการออกกำลังกายลดลง เพิ่มสมรรถภาพสำหรับร่างกาย (Whole body) เพิ่มการเผาผลาญไขมันที่กล้ามเนื้อ ช่วยพัฒนาโครงสร้างและการทำงานของหลอดเลือด ปรับปรุงประสิทธิภาพการออกกำลังกาย (Exercise performance) (Gibala et al., 2012) จึงน่าจะเป็นการออกกำลังกายที่มีผลต่อการปรับปรุงการเผาผลาญ ความแข็งแรง และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรงได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง (Continuous training) ดังนั้น จึงมีการศึกษาถึงการออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความหนักสูง (High-intensity interval training; HIIT) ในผู้ที่เป็นโรคอ้วนเป็นจำนวนมาก โดยในปี ค.ศ. 2014 Mitranun et al. (2014) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและการตอบสนองในหลอดเลือดแดงใหญ่และเล็กในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงส่งผลต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด สมรรถภาพทางแอโรบิก และช่วยเพิ่มการขยายตัวของหลอดเลือดได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ทั้งนี้ Alahmadi (2014) ได้กล่าวไว้ว่าการออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความหนักสูงเป็นกลยุทธ์การออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมในการเพิ่มสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดความไม่สมดุลของการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย และเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาผลาญพลังงานไขมัน และช่วยให้น้ำหนักตัวในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน หรือเป็นโรคอ้วนลดลง การศึกษาถึงกระบวนการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงอย่างต่อเนื่องในผู้ที่อยู่ในวัยผู้ใหญ่ที่เป็นโรคอ้วน นายอับบี อี และคณะ ได้ทำการศึกษาการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง โดยเปรียบเทียบระยะเวลาช่วงความหนักสูงระยะเวลาสั้นกับระยะเวลายาว ได้ทำการแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความหนักสูงระยะเวลาสั้น 1 นาที (1 MIN-HIIT) ที่ความหนัก 90%VO<sub>2</sub>peak สลับกับช่วงพัก 1 นาที (1:1) ทำซ้ำ

10 ครั้ง และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความหนักสูงระยะเวลา 2 นาที (2 MIN-HIIT) ที่ความหนัก 80%-100%VO<sub>2</sub>peak สลับกับช่วงพัก 1 นาที (2:1) ทำซ้ำ 5 ครั้ง ทั้งสองกลุ่มได้รับการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน เป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ ออกกำลังกายทั้งหมด 3 สัปดาห์ สรุปว่าการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงที่ใช้ระยะเวลาสั้นมีประสิทธิภาพสูงต่อการพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ (Cardiorespiratory fitness) และปรับปรุงภาวะดื้ออินซูลินในผู้ชายวัยผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักเกิน หรือเป็นโรคอ้วน (Smith-Ryan et al., 2015) นายสเตฟาโน่ แลนซี และคณะได้ทำการศึกษเปรียบเทียบการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงระยะสั้นกับการฝึกออกกำลังกายแบบการเผาผลาญพลังงานไขมันสูงสุด (Fatmax training) ในการเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน และการเผาผลาญพลังงานในผู้ชายที่เป็นโรคอ้วนระดับ 2 และ 3 กลุ่มที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงระยะสั้นจะออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน 14 วัน ประกอบด้วยปั่นจักรยาน 10 วินาที ที่ความหนักสูง 90% HRmax สลับกับระยะออกกำลังกายเบา 60 วินาที ที่ความหนักของงาน 50 วัตต์ (Watt) (10x60s; 1:6) ทำทั้งหมด 30 นาทีต่อครั้ง สำหรับกลุ่มที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบการเผาผลาญพลังงานไขมันสูงสุด (Fatmax training) จะฝึกด้วยการปั่นจักรยานต่อเนื่องที่ความหนักที่ใช้ความสัมพันธ์ในการเผาผลาญพลังงานไขมันสูงสุดของแต่ละบุคคลเป็นตัวกำหนด เป็นเวลา 40-50 นาทีต่อครั้ง สรุปได้ว่า 2 สัปดาห์ทั้งการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงระยะสั้น และการฝึกออกกำลังกายแบบการเผาผลาญพลังงานไขมันสูงสุด (Fatmax training) เป็นการออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพในการช่วยเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน และอัตราการเผาผลาญไขมันในผู้ที่เป็นโรคอ้วนระดับ 2 และ 3 ได้ (Lanzi et al., 2015)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลการเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงระยะยาว (Long-term high-intensity interval training) กับการฝึกออกกำลังกายความหนักปานกลางแบบต่อเนื่อง (Moderate-intensity continuous training) ต่อการอักเสบของหลอดเลือดในผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักตัวเกิน หรือเป็นโรคอ้วน โดยแบ่งอาสาสมัครออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกออกกำลังกายความหนักปานกลางแบบต่อเนื่องที่ความหนักปานกลาง 70% HRmax 30 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ กลุ่มที่ 2 ได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงทำซ้ำแค่ 1 ครั้ง (1 bout) ออกกำลังกายที่ความหนักสูง 90% HRmax 4 นาที สลับกับช่วงความหนักต่ำ 70% HRmax 3 นาที (1x4) กลุ่มที่ 3 ได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงระยะยาว ออกกำลังกายที่ความหนักสูง 90% HRmax 4 นาที สลับกับช่วงความหนักต่ำ 70% HRmax 3 นาที ทำซ้ำ 4 รอบ (4x4) ทั้งกลุ่มที่ 2 และ 3 จะออกกำลังกายด้วยการเดินหรือวิ่งบนลู่วิ่ง 3 วันต่อสัปดาห์ ทั้ง 3 กลุ่มจะทำการออกกำลังกายทั้งหมด 16 สัปดาห์ สรุปได้ว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงและการออกกำลังกายความหนักปานกลางแบบต่อเนื่องมีแนวโน้มในการลดค่าดัชนีมวล

กาย และมีการปรับปรุงการอักเสบของหลอดเลือดได้เช่นเดียวกัน (Gerosa-Neto et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาถึงผลการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงต่อการทำงานของเอนโดทีเลียลในหลอดเลือด และตัวบ่งชี้ถึงการเกิดโรคหัวใจ และการเผาผลาญพลังงาน (Cardiometabolic risk markers) ในผู้ใหญ่ที่เป็นโรคอ้วน พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงช่วยให้การขยายตัวของหลอดเลือดดีขึ้น และมีการเผาผลาญพลังงานได้ดีกว่าในการออกกำลังกายความหนักปานกลางแบบต่อเนื่อง โดยการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงจะทำการฝึกด้วยความหนักสูง 90-95%HRmax 1 นาที สลับกับความหนักเบา 25-50 วัตต์ 1 นาที อัตราส่วนการฝึก 1:1 (Sawyer et al., 2016)

การออกกำลังกายแบบสลับช่วงนอกจากจะช่วยปรับปรุงสุขภาพของผู้ที่เป็นโรคอ้วนแล้วยังมีการรายงานการศึกษาถึงความสนุกสนาน และความคงทนต่อการฝึกออกกำลังกายในผู้ที่เป็นโรคอ้วน โดยมีรายงานการศึกษาของ Martinez et al. (2015) พบว่าการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงในผู้ที่มีน้ำหนักตัวเกิน ถึงโรคอ้วนมีความสนุกสนานต่อการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงในช่วงเวลาสั้นมากกว่าช่วงเวลายาวโดยได้ทำการเปรียบเทียบการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง 3 ช่วงเวลา คือ 30 วินาที 60 วินาที และ 120 วินาที โดยมีการฝึกออกกำลังกายความหนักสูงสลับกับความหนักเบาที่ 1:1 เช่น แบบที่ 1 ฝึกออกกำลังกายความหนักสูง 30 วินาที สลับกับความหนักเบา 30 วินาที ทั้ง 3 กลุ่มช่วงเวลาจะทำการออกกำลังกายทั้งหมด 24 นาที (Martinez et al., 2015) และ Vella et al. (2017) ได้ทำการศึกษาถึงระดับความสนุกสนาน และความคงทนต่อการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงด้วยตนเองในผู้ใหญ่ น้ำหนักตัวเกิน และเป็นโรคอ้วน โดยให้ออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง 75-80%HRR 1 นาที สลับกับช่วงความหนักเบา 35-40% HRR 1 นาที (1:1) สรุปว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงทำให้ผู้ใหญ่ น้ำหนักตัวเกิน และเป็นโรคอ้วนมีความสนุกสนาน และมีความคงทนของการฝึกออกกำลังกายต่อเนื่องโดยไม่มีผู้แนะนำสูง (Vella et al., 2017) แต่ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานถึงการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่เหมาะสมในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง แต่มีการรายงานถึงผลการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีน้ำหนักเกิน หรือโรคอ้วน ทั้งนี้ได้มีการศึกษาให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง 80% ของ VO<sub>2</sub>peak 1 นาทีสลับช่วงความหนักเบาที่ 50% ของ VO<sub>2</sub>peak 4 นาที ในช่วงแรก และเพิ่มความก้าวหน้าในช่วงสุดท้ายของการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกาย โดยเพิ่มความหนักของช่วงออกกำลังกายความหนักสูงเป็น 85% ของ VO<sub>2</sub>peak 1 นาทีสลับช่วงความหนักเบาที่ 60% ของ VO<sub>2</sub>peak 4 นาที สรุปผลว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีประสิทธิภาพมากกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องในการปรับปรุงการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด สมรรถภาพทางกาย และความยืดหยุ่นของหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Mitranun et al., 2014)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงนั้นมีความสำคัญอย่างมาก ในการช่วยปรับสมดุลการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ส่งเสริมสมรรถภาพทางกาย สมรรถภาพของการทำงานของหลอดเลือด ระบบหัวใจ ปอด กล้ามเนื้อ และข้อต่อ แต่ปัจจุบัน การศึกษาถึงโปรแกรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงยังเป็นระบบยังไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวทางการออกกำลังกายในรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับ ช่วงประกอบน้ำหนัก เนื่องจากผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงอาจมีอาการปวดข้อเข่าและขาหรือมีอาการที่ส่งผลต่อการออกกำลังกาย ดังนั้นการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักจึงต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมาก ในการป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นในขณะออก กำลังกาย ผู้วิจัยจึงคิดค้นออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ที่มีการเพิ่มแรงต้านเข้ามาพร้อมด้วย เนื่องจากต้องการให้อัตราการเต้นของหัวใจในผู้ที่มีภาวะอ้วน รุนแรงเพิ่มขึ้นได้ถึงเป้าหมายของความหนักที่ได้ตั้งไว้ได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องกระโดดหรือเร่ง ความเร็วซึ่งอาจส่งผลต่อการเกิดการบาดเจ็บ และระหว่างช่วงความหนักเบาของการออกกำลังกาย แบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้วิจัยได้นำเอาการออกกำลังกายแบบแรงต้านเข้ามาร่วมในการ ควบคุมอัตราการเต้นหัวใจของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงให้อยู่ในความหนักต่ำตามเป้าหมาย และอาจได้ เสริมสร้างกล้ามเนื้อให้กับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเล็กน้อย และยังต้องการให้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง สามารถนำการออกกำลังกายนี้ไปใช้ได้เองที่บ้าน รวมถึงการรายงานผลในเรื่องการทำงานของหลอดเลือด ที่ยังไม่ชัดเจนในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และการรายงานถึงกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลของการฝึก ออกกำลังกายแบบสลับช่วงต่อองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพของ ระบบหัวใจ ปอด กล้ามเนื้อ การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

## วัตถุประสงค์ในการวิจัย

### การศึกษาที่ 1

#### วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการ ออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือด ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

#### วัตถุประสงค์รอง

เพื่อสร้างรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับผู้ ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

## การศึกษาที่ 2

### วัตถุประสงค์หลัก

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
2. เพื่อเปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือด ของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก

### วัตถุประสงค์รอง

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อสมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
2. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

## คำถามของการวิจัย

### การศึกษาที่ 1

1. การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักใช้ได้กับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงหรือไม่ อย่างไร
2. การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องมีผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

### การศึกษาที่ 2

1. การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีผลดีต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงหรือไม่ อย่างไร
2. เมื่อเปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือด ของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ก่อนฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร



3. การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักก็มีผลดีต่อสมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงหรือไม่ อย่างไร

4. เมื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

## สมมติฐานของการวิจัย

### การศึกษาที่ 1

1. โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักใช้ได้กับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

2. การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องมีผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงแตกต่างกัน

### การศึกษาที่ 2

1. การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีผลดีต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

2. เมื่อเปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือด ของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักก็มีความแตกต่างกัน

3. การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักก็มีผลดีต่อสมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

4. เมื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความแตกต่างกัน

## ขอบเขตของการวิจัย

**การศึกษาที่ 1** มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและเปรียบเทียบผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

### 1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศชายและหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี การศึกษาที่ 1 ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ค่าดัชนีมวลกายเท่ากับ 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> 12 คน กลุ่มที่ 2 ผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรง มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> 12 คน รวมกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 24 คน

### 2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ประกอบด้วย

2.2.1 ตัวแปรทางสรีรวิทยา (Physiological variables) ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate; RHR) ความดันโลหิตขณะพัก (Blood pressure; BP) และองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ได้แก่ น้ำหนัก (Body weight) ส่วนสูง (Height) ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent of body fat; %BF) มวลไขมัน (Fat mass; FM) มวลน้ำหนักตัวไม่รวมไขมัน (Fat free mass; FFM) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass; MM) ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด และสมรรถภาพระบบหัวใจและหายใจโดยใช้การทดสอบด้วยการเดิน 6 นาที (6 Minute walk test; 6MWT)

2.2.2 ตัวแปรด้านการใช้พลังงาน (Energy expenditure) ได้แก่ การใช้พลังงานขณะออกกำลังกาย (Energy expenditure during exercise)

2.2.3 ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด (Vascular function) ได้แก่ การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเลือด (Flow-mediate dilation; FMD) ความแข็งของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) และความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-media thickness; IMT)

2.2.4 ตัวแปรการตอบสนองด้านจิตวิทยา (Acute psychological responses) ได้แก่ ความเหนื่อย และความสนุกสนานในการออกกำลังกาย (Enjoyment)

**การศึกษาที่ 2** มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด

สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และเปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยาองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก

### 1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศชาย และหญิงของผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ค่าดัชนีมวลกายเท่ากับ  $18.5-22.9$  กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> 14 คน กลุ่มที่ 2 ผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรง มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ  $37.5$  กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> 12 คน รวมกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 26 คน ทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างจะได้รับออกกำลังกายแบบสลับช่วง

### 2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ประกอบด้วย

2.2.1 ตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate; RHR) ความดันโลหิตขณะพัก (Blood pressure; BP) และองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ได้แก่ น้ำหนัก (Body weight) ส่วนสูง (Height) ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent of body fat; %BF) มวลไขมัน (Fat mass; FM) มวลน้ำหนักตัวไม่รวมไขมัน (Fat free mass; FFM) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass; MM) มวลกระดูก (Bone mass; BM) ความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) ไขมันในช่องท้อง (Visceral fat) ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณท้อง (Subcutaneous abdominal) และสัดส่วนรอบเอว-สะโพก (Waist-hip ratio)

2.2.2 ตัวแปรด้านการใช้พลังงาน (Energy expenditure) ได้แก่ การใช้พลังงานขณะพัก (Resting metabolic rate) การเผาผลาญไขมัน (Fat oxidation) และการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate oxidation)

2.2.3 ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ได้แก่ การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediate dilatation; FMD) ความแข็งของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-media thickness; IMT)

2.2.4 ตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลในเลือด (Fasting plasma glucose) ภาวะดื้ออินซูลิน (Insulin resistance) ระดับอินซูลิน (Fast plasma insulin) น้ำตาลสะสม (Glycosylated hemoglobin; HbA1c) คอเลสเตอรอล (Cholesterol) ไฮเดนซีดีไลโปโปรตีน (High density lipoprotein; HDL) โลว์เดนซีดีไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein; LDL) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) เลปติน (Leptin) อะดิโพเนคติน (Adiponectin) วิสแฟตติน (Visfatin) ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) รีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ อินดิเคเตอร์; มาลอนไดอัลดีไฮด์ (ROS indicator; malondialdehyde; MDA) ไฮเซนซิวิตีซีรีแอคทีฟโปรตีน (High sensitivity C-reactive protein; hsCRP) และเกรลิน (Ghrelin)

2.2.5 ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย (Physical fitness variables) ได้แก่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO<sub>2</sub>peak) และความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular strength and endurance)

2.2.6 ตัวแปรในการประเมินกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน

2.2.7 ตัวแปรในการประเมินคุณภาพชีวิต

2.2.8 ตัวแปรในการประเมินภาวะซึมเศร้า

2.3 ตัวแปรควบคุม (Control Variable) ได้แก่ ควบคุมการรับประทานอาหารโดยจะ ได้รับพลังงานอาหารเทียบเท่ากับอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักของแต่ละบุคคล ในอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรต 55% โปรตีน 30% และไขมัน 15%

### คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

**ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (Morbid obesity)** หมายถึง กลุ่มบุคคลที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัมต่อเมตร<sup>2</sup> (World Health Organization, 2004)

**การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก (Aerobic interval training with weight)** หมายถึง การฝึกออกกำลังกายที่มีช่วงสลับระหว่างช่วงที่ออกกำลังกายที่มีความหนักสูงกับช่วงที่มีการออกกำลังกายความหนักเบา โดยการออกกำลังกายช่วงความหนักสูงจะมีการใช้ดัมเบลร่วมด้วย และในช่วงความหนักเบาจะมีการออกกำลังกายแบบแรงต้านร่วมด้วย ซึ่งในการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในงานวิจัยนี้จะแบ่งการฝึกออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 ช่วง 1-6 สัปดาห์ จะมีการออกกำลังกายระดับความหนักปานกลางที่ 75-85%HRR ใช้เวลา 1 นาที สลับกับช่วงออกกำลังกายระดับเบาที่ 45-55%HRR ใช้เวลา 4 นาที ทำทั้งหมด 6 รอบ เป็นเวลาทั้งหมด 30 นาทีต่อวัน ระยะที่ 2 ช่วง 7-12 สัปดาห์ จะมีการออกกำลังกายระดับความหนักปานกลางที่ 75-85%HRR ใช้เวลา 1 นาที สลับกับช่วงออกกำลังกายระดับเบาที่ 45-55%HRR ใช้เวลา 4 นาที ทำทั้งหมด 8 รอบ เป็นเวลาทั้งหมด 40 นาทีต่อวัน ทั้งนี้โปรแกรมการออกกำลังกายได้

กำหนดให้มีการฝึกออกกำลังกาย 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ และในการฝึกออกกำลังกายแต่ละครั้งให้มีการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 10 นาที ก่อนออกกำลังกาย และหลังการออกกำลังกายให้มีการคลายอุ่น (Cool-down) ในรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อค้างไว้ (Static stretching) 15 นาที

**การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง (Continuous exercise)** หมายถึง การออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีความต่อเนื่อง โดยการศึกษาเป็นการปั่นจักรยานที่มีความหนักระดับปานกลาง 50-60%HRR เป็นเวลา 30 นาทีอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีการอบอุ่นร่างกายก่อนออกกำลังกาย 10 นาทีที่ความหนักเบา 40-45%HRR และเมื่อจบการออกกำลังกายจะต้องทำการคลายอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานต่อ 5 นาที

**การทำงานของหลอดเลือด (Vascular function)** หมายถึง ความสามารถในการทำงานของหลอดเลือดเพื่อตอบสนองการกระตุ้นทางด้านสรีรวิทยาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนโลหิต และโครงสร้างของหลอดเลือด การตอบสนองของหลอดเลือดเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือหลอดเลือดหดตัว (Vasoconstriction) และหลอดเลือดขยายตัว (Vasodilation) สำหรับงานวิจัยนี้ประเมินการทำงานของหลอดเลือดด้วยวิธีการวัดการขยายของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediated dilation; FMD) วัดการแข็งตัวของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) และประเมินโครงสร้างของหลอดเลือดด้วยวิธีการวัดความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นใน (Intima-media thickness; IMT)

**การขยายของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediated dilation; FMD)** หมายถึง การขยายตัวสูงสุดของหลอดเลือดในช่วงที่หลอดเลือดคลายตัว (Diastolic) หลังการปิดกั้นการไหลของเลือด ด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Ultrasound) บริเวณหลอดเลือดข้อพับแขนด้านหน้า (Brachial artery) (Corretti et al., 2002; DeVan et al., 2011; Mitranun et al., 2014)

**การแข็งตัวของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness)** หมายถึง ภาวะที่บ่งชี้ถึงการแข็งของผนังหลอดเลือดแดงโดยจะส่งผลให้หลอดเลือดสูญเสียความยืดหยุ่นในการหดและคลายตัว โดยในงานวิจัยนี้ใช้ค่าความเร็วของการเคลื่อนที่ของคลื่นความดันเลือดแดงจากต้นแขนไปยังข้อเท้า (Brachial-ankle pulse wave velocity; baPWV)

**ความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นใน (Intima-media thickness; IMT)** หมายถึง ความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นในทั้งด้านใกล้และไกล (Near and far wall) บริเวณแขน (Brachial artery wall) ด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Ultrasound) (Meyer et al., 2006)

**การใช้พลังงาน (Energy expenditure)** หมายถึง ความสามารถในการเผาผลาญพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) โปรตีน (Protein) และไขมัน (Fat) ของร่างกาย เพื่อใช้ในการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย เจริญเติบโตและซ่อมแซมร่างกาย และใช้เป็นพลังงานในการ

เคลื่อนไหวเพื่อทำกิจกรรมทางกายต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_2$  peak) การใช้พลังงานขณะพัก (Resting metabolic rate) การเผาผลาญไขมัน (Fat oxidation) และการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate oxidation)

**องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)** หมายถึง น้ำหนัก (Body weight) ส่วนสูง (Height) ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent of body fat; %BF) มวลไขมัน (Fat mass; FM) มวลน้ำหนักตัวไม่รวมไขมัน (Fat free mass; FFM) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass; MM) มวลกระดูก (Bone mass; BM) ความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) ไขมันในช่องท้อง (Visceral fat) ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณท้อง (Subcutaneous abdominal) และสัดส่วนรอบเอว-สะโพก (Waist-hip ratio) ทดสอบได้โดยใช้เครื่อง ดูอัล เอกซ์เรย์ แอปซอพทิโอเมทรี (Dual-X-ray absorptiometry; DEXA)

**สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness)** หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันด้วยความกระฉับกระเฉงและตื่นตัวโดยปราศจากการเหนื่อยล้า และยังมีพลังงานเหลือพอสำหรับการมีกิจกรรมนันทนาการและเผชิญกับภาวะฉุกเฉินได้ ในงานวิจัยนี้สมรรถภาพทางกายที่ทำการทดสอบคือ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_2$  peak) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular strength and endurance)

**กิจกรรมทางกาย (Physical activity)** หมายถึง การเคลื่อนไหวในส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยการใช้กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscles) โดยต้องการใช้พลังงาน เพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การเดิน การปั่นจักรยาน การเล่นกีฬา และนันทนาการ ซึ่งไม่ใช่ทักษะในการทำกิจกรรม และมีความสุขสนาน (World Health Organization, 2019)

**คุณภาพชีวิต (Quality of life)** หมายถึง มิติของการมีชีวิตที่ดีประกอบด้วยความสุข ความพอใจในชีวิต ความนับถือตนเอง สุขภาพและสภาพการทำงาน of ร่างกายและสภาวะทางเศรษฐกิจที่ดี (พันโทฉัฐชัย มีชั้นช่วง, 2553)

**ภาวะซึมเศร้า (Depressive symptoms)** หมายถึง กลุ่มอาการความผิดปกติทาง อารมณ์ เช่น อารมณ์ ซึมเศร้า ความรู้สึกเบื่อหน่าย หดหู่ ร่วมไปกับความรู้สึกท้อแท้ หมดหวัง สิ้นหวัง ทำทาง การเคลื่อนไหวช้า เซื่องซึม เบื่ออาหาร น้ำหนักลด นอนไม่หลับ จนอาจนำไปสู่การทำร้าย ตัวเองหรือ การฆ่าตัวตาย (อรพรรณ ลือบุญวัชชัย และพีรพนธ์ ลือบุญวัชชัย, 2553)

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

2. ทำให้ทราบถึงผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด และสมรรถภาพทางกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
3. ได้โปรแกรมออกกำลังกายที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
4. เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
5. เกิดองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อการทำงานของหลอดเลือด และการลดโรคแทรกซ้อนในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และเพื่อศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อสมรรถภาพทางกายของระบบหัวใจหัวใจ ปอด กล้ามเนื้อ การใช้พลังงาน และสารชีวเคมีในเลือด ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง โดยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สรุปเป็นเนื้อหาสาระสำคัญใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย มีหัวข้อสำคัญดังนี้

1. โรคอ้วนรุนแรง
  - 1.1 ความหมายของโรคอ้วนรุนแรง
  - 1.2 สาเหตุของการเกิดโรคอ้วน
  - 1.3 ผลของการเกิดโรคอ้วนรุนแรง
  - 1.4 แนวทางการรักษาโรคอ้วนรุนแรง
2. การทำงานของหลอดเลือด
  - 2.1 โครงสร้างผนังหลอดเลือด
  - 2.2 เซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด
  - 2.3 โรคอ้วนและการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด
  - 2.4 วิธีการประเมินการทำงานของหลอดเลือด
3. การออกกำลังกาย
  - 3.1 ความหมายของการออกกำลังกาย
  - 3.2 ประโยชน์ของการออกกำลังกาย
  - 3.3 หลักการออกกำลังกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
  - 3.4 การออกกำลังกายแบบสลับช่วง
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
  - 4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ



## โรคอ้วนรุนแรง

### 1. ความหมายของโรคอ้วนรุนแรง

ความหมายของโรคอ้วนรุนแรงได้มีผู้ให้ความหมายไว้พอสรุปได้ดังนี้

โรคอ้วน หมายถึง สภาวะที่ร่างกายมีไขมันในช่องท้องและไขมันใต้ผิวหนังสะสมมากเกินไปเพศชายมีไขมันในร่างกายมากกว่าร้อยละ 25 ของน้ำหนักตัวและเพศหญิงมีไขมันในร่างกายมากกว่าร้อยละ 32 ของน้ำหนักตัว และไขมันที่สะสมนี้ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ เช่น เป็นโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง หลอดเลือดหัวใจตีบ ปวดเข่า ปวดข้อเท้าหรือปวดหลัง เป็นต้น (สิทธา พงษ์พิบูลย์, 2556)

โรคอ้วนรุนแรง (Morbid obesity) หมายถึง ภาวะอ้วนที่เป็นโรคเรื้อรังและรักษายากโรคหนึ่ง ถ้าไม่ทำการรักษาผู้ป่วยจะเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความอ้วนจนถึงเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยผู้ป่วยที่เกิดภาวะอ้วนรุนแรงจะมีค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) มากกว่าหรือเท่ากับ 40 หรืออีกความหมายหนึ่งผู้ป่วยจะมีน้ำหนักเป็นสองเท่าของน้ำหนักที่ควรจะเป็น (Ideal body weight) (ธีรพล อังกูรภักดีกุล, 2560)

โรคอ้วนรุนแรง (Morbid obesity) หมายถึง การมีไขมันสะสมทั้งร่างกาย (Body fat) หรือมีค่าร้อยละของไขมันทั้งร่างกาย (%Body fat) สูงกว่าปกติ โดยระดับของภาวะอ้วนถูกประเมินให้มีค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index (BMI)) มากกว่าหรือเท่ากับ 40 ขึ้นไป (Stenglein, 2017) ซึ่งก่อผลเสียต่อร่างกายทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนหรือโรคร่วมได้แก่ โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเบาหวาน โรคเมเร็งบางชนิด โรคความดันโลหิตสูง อาการหายใจไม่ออก ระบบการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ ภาวะไขมันในเลือดสูง และความผิดปกติทางภาวะจิตใจ เช่น ภาวะซึมเศร้า เป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร (Livhits et al., 2010)

**ตารางที่ 1** ค่าดัชนีมวลกายกับโภชนาการในเอเชีย

$$\text{ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร}^2\text{)} = \text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)}/\text{ส่วนสูง (เมตร}^2\text{)}$$

ค่าดัชนีมวลกาย	การแปลผล	
<18.5	ผอม (Underweight)	
18.5-22.9	น้ำหนักปกติ (Normal)	
≥ 23	น้ำหนักเกิน (Overweight)	
23-27.4	ก่อนโรคอ้วน (Pre-Obese)	
27.5-32.4	โรคอ้วน (Obesity)	(class 1)
32.5-37.4	โรคอ้วน (Obesity)	(class 2)
≥37.5	โรคอ้วนรุนแรง (Morbid obesity)	(class 3)

ที่มา: องค์การอนามัยโลก (WHO, 2004)

จากความหมายที่รวบรวมมาสามารถสรุปได้ว่า โรคอ้วนรุนแรงหมายถึง สภาวะที่ร่างกายมีไขมันสะสมทั้งร่างกายมากกว่าปกติ และเป็นโรคอ้วนเรื้อรังที่จำเป็นต้องได้รับการรักษา ในเอเชียจะเป็นผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index (BMI)) มากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 ขึ้นไป ซึ่งหากไม่ได้รับการรักษาจะส่งผลเสียต่อร่างกายทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนหรือโรคร่วมที่ทำให้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรได้

## CHULALONGKORN UNIVERSITY

**2. สาเหตุของการเกิดโรคอ้วนรุนแรง** (Robergs et al, 1997; เสาวลักษณ์ สุนทรลักษณ์, 2551) การเกิดโรคอ้วนมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย โดยสามารถอธิบายได้ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีของเซลล์ไขมัน (Fat cell theory) ทฤษฎีนี้เกี่ยวข้องกับจำนวนของไขมันที่สะสมในเซลล์ไขมันและจำนวนเซลล์ไขมันที่มีอยู่ในร่างกาย (Knittle, 1972) ขนาดและจำนวนเซลล์ไขมันในร่างกายเป็นสาเหตุของความอ้วน เซลล์ไขมันเป็นที่สะสมพลังงาน ร่างกายมีการสะสมไขมันได้ 2 ทาง คือ การเพิ่มจำนวนของเซลล์ไขมันและการเพิ่มขนาดของเซลล์ไขมัน ซึ่งเชื่อว่าการที่ร่างกายมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนไขมันระหว่างที่เป็นเด็กและระหว่างที่เจริญเติบโตในช่วงวัยรุ่นโดยเซลล์ไขมันมักจะขยายเพื่อเก็บสะสมหรือเผาผลาญพลังงาน การที่มีเซลล์ไขมันมากจะมีอัตราเสี่ยงของการเป็นโรคอ้วนเพิ่มขึ้น

2.2 ทฤษฎีจุดที่กำหนด (Set point) ซึ่งเป็นต้นแบบสำหรับการอธิบายโรคอ้วน โดยน้ำหนักของแต่ละบุคคลควบคุมโดยผ่านสัญญาณจากไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ในรูปแบบของจุดที่กำหนด คือ ถ้าน้ำตาลในเลือด การสะสมไขมันและน้ำหนักตัวที่เป็นปกติจะส่งสัญญาณผ่านไปไฮโปทาลามัสโดยควบคุมไม่ให้เกิดความอยากอาหาร แต่ถ้าไฮโปทาลามัสส่งสัญญาณลดระดับน้ำตาลในเลือดหรือกรดไขมันลดลง จะกระตุ้นความอยากอาหารโดยสร้างพลังงานใหม่

2.3 พันธุกรรม (Genetic) มีความสัมพันธ์สูงระหว่างการมีภาวะน้ำหนักเกินและการมีพ่อแม่ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ครอบครัวมีอิทธิพลต่อสุขภาพและสถานะของน้ำหนักเกิน ถ้าพ่อหรือแม่คนใดคนหนึ่งอ้วนเด็กมีโอกาสอ้วน 40% ถ้าทั้งพ่อและแม่อ้วนเด็กมีโอกาสอ้วนถึง 80%

2.4 อัตราการเผาผลาญ (Metabolic rate) โรคอ้วนสามารถมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเผาผลาญ ผลของความร้อนจากอาหารแสดงให้เห็นประมาณ 10% ของพลังงานที่ต้องการทั้งหมดซึ่งจะเกิดในผู้ที่มีการย่อยอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพ หนึ่งในทฤษฎีที่จะช่วยอธิบายคือการมีเซลล์ไขมันสีน้ำตาลที่ไม่สมดุล เนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาล (Brown fat tissue) คือเซลล์ไขมันที่มีความเฉพาะสูงที่ทำหน้าที่ผลิตความร้อน ลักษณะที่แตกต่างของเนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาลคือทำให้เกิดการปลดปล่อยของออกซิเดทีฟ ฟอสโฟริเลชัน (Oxidative phosphorylation) ซึ่งจะเพิ่มความร้อนผลิตอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate) ขึ้นมาใหม่ ผู้ที่ผอมจะมีเปอร์เซ็นต์ของไขมันสีน้ำตาลสูงกว่าคนที่อ้วน

2.5 องค์ประกอบทางการบริโภค เมื่อเปรียบเทียบผู้ที่ผอมกับผู้ที่มีอ้วนโดยส่วนใหญ่ผู้ที่อ้วนจะทานเยอะ อีกทั้งยังทานอาหารที่มีไขมันสูงและสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนต่ำ มิลเลอร์และคณะ (1990) ได้เปรียบเทียบระหว่างคนผอมกับคนอ้วนพบว่าไม่มีความแตกต่างของจำนวนแคลอรีที่บริโภค กลุ่มที่ผอมได้พลังงานจากไขมัน 29% และ 53% จากคาร์โบไฮเดรต ส่วนกลุ่มอ้วนได้พลังงานจากไขมัน 35% และจากคาร์โบไฮเดรต 46% จึงพบว่าในกลุ่มคนอ้วนเปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ได้จากไขมันเพิ่มและแคลอรีจากคาร์โบไฮเดรตลดลง

2.6 การขาดการทำกิจกรรมทางกาย จากหลักฐานของการขาดการมีกิจกรรมทางกาย มีการทานที่มากเกินไปเป็นสาเหตุที่เป็นโรคอ้วน การสู่มจำนวนในการทดลองผู้ชายที่มีกิจกรรมทางกายต่ำให้มาวิ่งเหยาะๆ มีการลดไขมันในร่างกาย อย่างไรก็ตามก็มีการเพิ่มแคลอรีนำเข้า ผู้ที่มีนิสัยขาดการทำกิจกรรมทางกายมีความโน้มเอียงต่ออัตราเสี่ยงเป็นโรคอ้วน

2.7 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทำให้เกิดโรคอ้วน คือจำนวนเวลาใช้ในการดูโทรทัศน์ ยิ่งดูมากขึ้นจะยิ่งทำให้มีโอกาสอ้วนมากขึ้น

2.8 การบริโภค การจำกัดอาหารที่ปราศจากการออกกำลังกายซึ่งเป็นผลเสียต่ออัตราการเผาผลาญ เมื่อร่างกายรับรู้การลดแคลอรีที่บริโภคก็จะลดอัตราการเผาผลาญโดยอัตโนมัติเพื่อพยายามรักษาพลังงาน ดังนั้นถ้าผู้ที่พยายามลดน้ำหนัก จำกัดอาหารเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็นทางเลือก

ที่ไม่เหมาะสม การจำกัดการบริโภคบ่อยๆ มักจะเรียกว่า โย-โย ไดเอทติ้ง (Yo-Yo dieting) หรือวงจรของน้ำหนัก (Weight cycle) ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มของโรคอ้วน (Kuczmarski & Campbell, 1994) หลังจากวงจรการจำกัดอาหารจะทำให้อัตราของการลดน้ำหนักจะช้ากว่า และอัตราการเพิ่มน้ำหนักจะเร็วกว่า (Robergs et al, 1997)

### 3. ผลของการเกิดโรคอ้วนรุนแรง

โรคอ้วนมีผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคสมองขาดเลือด โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวานชนิดที่ 2 นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคที่เกิดในตับ ภาวะกรดไขมันในเลือด โรคหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น ภาวะเลือดข้น ข้อเสื่อม ภาวะมีบุตรยาก และยังเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูก มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ รวมถึงปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดภาวะหลอดเลือดดำอุดตัน (Stenglein, 2017) โดยผลของการเกิดโรคอ้วนเกิดขึ้นได้ตามตารางที่ 2

#### ตารางที่ 2 สรุปผลแทรกซ้อนของโรคอ้วน

โรคร่วมที่พบบ่อย	- Type 2 diabetes mellitus - Dyslipidemia
โรคทางเดินหายใจ	- Asthma - Obstructive sleep apnea (OSA), obesity-hypoventilation syndrome (OHS) - Pickwickian syndrome (combination of OSA and OHS)
โรคหัวใจและหลอดเลือด	- Stroke - Coronary heart disease - Cardiomyopathy - Hypertension
โรคทางเดินอาหาร	- Gastrointestinal reflux (GERD) - Nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) หรือ nonalcoholic steatohepatitis (NASH) - Gall stone
โรคทางนรีเวช	- Polycystic ovarian syndrome - Infertile
โรคและภาวะอื่นๆ	- Venous stasis disease - Severe urinary incontinence - Pseudotumor cerebri - Debilitating arthritis

ที่มา: แอสแลม; แพรว สุวรรณศรีสุข (Haslam et al., 2005; แพรว สุวรรณศรีสุข, 2557)

### 3.1 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่มีในผู้ป่วยโรคอ้วน (Stenglein, 2017)

#### 3.1.1 ปอด (Pulmonary)

กล้ามเนื้อที่มีความเกี่ยวข้องกับการหายใจมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง และเกิดการลดความสามารถในการยืดขยายของผนังปอด (Chest wall compliance)

#### 3.1.2 หัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular)

มีความต้องการการเผาผลาญพลังงานที่เพิ่มขึ้น (คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide; CO) เพิ่มขึ้น 20-30 cc/kg ของไขมันส่วนเกิน) ปริมาตรเลือด (Blood volume) เพิ่มขึ้น (มีสารกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นทำให้เกิดภาวะออกซิเจนในเนื้อเยื่อต่ำกว่าปกติเรื้อรัง) Stroke volume เพิ่มขึ้น (หัวใจห้องล่างคลายตัว – เกิดการหดตัวของหัวใจห้องล่างซ้ายที่หนาตัวขึ้น ลด Compliance L/min/kg ของเนื้อเยื่อไขมัน)

#### 3.1.3 ระบบย่อยอาหาร (Digestive system)

ปริมาณกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น (มีความสัมพันธ์อย่างมากต่อการดื่มแอลกอฮอล์, ค่อนข้างมากในโรคอ้วน) ความดันในช่องท้องเพิ่มมากขึ้น เกิดภาวะกรดไหลย้อน และไส้เลื่อนกระบังลมเพิ่มขึ้น

#### 3.1.4 ต่อมไร้ท่อ (Endocrine)

มีระดับการกระตุ้นซิมพาเทติกสูงทำให้มีภาวะดื้ออินซูลิน ระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติส่งผลต่อการมีผลดีดื้อ และระบบควบคุมระดับความดันโลหิตของร่างกาย (Renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS)) มีระดับสูงอาจทำให้การขับถ่ายโซเดียมทางปัสสาวะเสียหายทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น

#### 3.1.5 ระบบโลหิตวิทยา (Hematology)

มีปัจจัยที่ทำให้เกิดการแข็งตัวของเลือดสูงทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดดำอุดตัน

## 4. แนวทางการรักษาโรคอ้วนรุนแรง

การรักษาโรคอ้วนประกอบด้วยหลายวิธีได้แก่ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมหรือ พฤติกรรมบำบัด การควบคุมอาหาร การออกกำลังกาย การรักษาโดยใช้ยา และการผ่าตัดกระเพาะอาหาร แนวทางในการรักษาโรคอ้วนขึ้นอยู่กับระดับของโรคอ้วน ความรุนแรงของโรคร่วม และความพร้อมของผู้ป่วย

### 4.1 การปรับพฤติกรรม (Behavioral therapy)

การประเมินตนเอง (Self-monitoring) ด้วยการให้ผู้ป่วยจดบันทึกอาหารที่ทานในแต่ละวันทั้งชนิด ปริมาณ พลังงาน (ถ้าทราบ) สอนการอ่านฉลากโภชนาการ ให้ชั่งน้ำหนักเป็นประจำ

การควบคุมสิ่งกระตุ้น (Stimulus control) ลดสิ่งกระตุ้นทางลบที่กระตุ้นให้รับประทานอาหารมากขึ้น และเพิ่มการกระตุ้นทางบวกที่จะทำให้ออกกำลังกายมากขึ้น เช่น จำกัด

การรับประทานอาหารเฉพาะให้ห้องอาหาร ไม่รับประทานในรถหรือหน้าทีวี วางรองเก้าอี้ฟาไว้หน้าประตูเพื่อพร้อมไปออกกำลังกาย เป็นต้น ประเมินความคิดต่อแท่งที่จะนำไปสู่การเลิกดื่มน้ำหนัก และให้กำลังใจผู้ป่วย (Kushner et al., 2013)

การเปลี่ยนพฤติกรรมการกิน (Changing eating behavior) เป็นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เพื่อการบริโภคอาหารให้ลดลง เช่น การกินอาหารเร็วทำให้กินมาก แนะนำให้กินช้าลงโดยการเคี้ยวอาหารนานขึ้น วางช้อน และส้อมก่อนกินทุกคำหรือแนะนำให้ตักอาหารใส่จานปริมาณลดลง (portion size) กินช้าลงเพียงจานเดียว กินเป็นเวลา กินที่โต๊ะอาหารที่เป็นที่ที่เป็นทาง และกินวันละ 3 มื้อ

ทฤษฎีการเรียนรู้ (Reinforcement) จากทฤษฎีการเรียนรู้พบว่าการเสริมแรงด้านบวกสำหรับความประพฤติที่พึงประสงค์ที่ควรปฏิบัติจะนำไปสู่การปฏิบัติซ้ำๆ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมเช่น การให้รางวัล (rewards) เมื่อพัฒนานิสัยการกิน หรือการออกกำลังกายได้ตามคำแนะนำหรือตามที่วางแผนไว้ การให้รางวัลต้องให้ทันทีที่ปรับพฤติกรรมได้ รางวัลที่ได้ต้องชัดเจน เช่น เงิน เสื้อผ้า หนังสือ ไม่ควรเป็นขนมหรืออาหาร ไม่แนะนำให้ตั้งเป้าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวควรตั้งที่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ทำได้วันต่อวัน เช่น กินข้าว 1 จาน กินผักทุกมื้อ ลดอาหารมัน

เทคนิคพฤติกรรมบำบัด (Cognitive behavioral techniques) เป็นการพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหา ได้แก่ การวางแผนสำหรับสถานการณ์ที่เสี่ยงต่อการบริโภคมากเกินไป เช่น การไปงานเลี้ยงหรือไปเที่ยว เป็นต้น การเรียนรู้วิธีการหลีกเลี่ยงการกินมากโดยเน้นแนวคิดเชิงบวกและลดการติเตียนตนเอง

การสนับสนุนทางสังคม (Social support) เป็นการประคับประคองให้ประสบความสำเร็จในการลดน้ำหนักและรักษาน้ำหนักที่ลดลงให้คงที่

พฤติกรรมสัญญา (Behavioral contracting) เป็นการใช้หลักควบคุมสิ่งเร้าร่วมกับการเสริมแรง โดยการทำสัญญาและตั้งเป้าหมายพฤติกรรมที่จะปรับเปลี่ยน ควรเป็นเป้าหมายที่ค่อเป็นค่อไปและสามารถบรรลุได้ไม่ยาก (สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2553)

#### 4.2 การรักษาด้วยการควบคุมอาหาร

การควบคุมอาหาร เป็นการลดปริมาณพลังงานที่ได้รับจากอาหารให้น้อยกว่าปริมาณพลังงานที่ร่างกายใช้ไปในแต่ละวัน ทำให้ร่างกายดึงเอาพลังงานที่ร่างกายสะสมไว้ออกมาใช้ โดยการสลายไขมันที่สะสมไว้เพื่อให้ได้พลังงานเพียงพอที่จะปฏิบัติภารกิจต่างๆ ได้สารอาหารครบถ้วนและมีสัดส่วนที่สมดุล จะต้องเพียงพอที่จะทำให้ร่างกายสามารถทำงานได้ตามปกติ และทำให้น้ำหนักตัวลดลงอย่างสม่ำเสมอ ควรเป็นอาหารที่ดัดแปลงมาจากอาหารที่รับประทานในชีวิตประจำวัน เพื่อจะได้ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงรายการไปจากที่เคยปฏิบัติอยู่ ไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับภาวะเศรษฐกิจและไม่ขัดกับความเคยชิน การจำกัดปริมาณอาหารหรือพลังงานให้เหมาะสม โดยทั่วไป

แนะนำให้รับประทานน้อยลง 500 กิโลแคลอรีต่อวัน หรือรับประทานไม่เกิน 1,200-1,500 กิโลแคลอรีต่อวันในเพศหญิง และ 1,500-1,800 กิโลแคลอรีต่อวันในเพศชาย กำหนดปริมาณไขมันต่อวันให้พลังงานน้อยกว่าร้อยละ 30 โดยที่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ไม่เกินร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมด กรดไขมันอิ่มตัวพบได้มากในไขมัน และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว กะทิ เป็นต้น (แพรว สุวรรณศรีสุข, 2557) นอกจากนี้ยังมีการใช้กลยุทธ์ต่างๆ เข้ามาช่วยในการควบคุมอาหารได้แก่ ลดขนาดของอาหารที่จะรับประทาน เช่น สั่งอาหารจานเล็ก เครื่องดื่มแก้วเล็ก หลีกเลี่ยงอาหารที่ให้พลังงานสูง อย่างเช่น มันฝรั่งทอด กลัวยทอด ขนมเค้ก คุกกี้ พิซซ่า น้ำอัดลม เครื่องดื่มที่มีน้ำตาลผสม ใช้ผลิตภัณฑ์นมพร่องมันเนยหรือขาดมันเนยแทนนมปกติ ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล และอาจใช้อาหารทดแทนมื้ออาหาร (Meal replacement) รับประทานแทนอาหารปกติ 1-2 มื้อต่อวัน แต่ไม่ควรอดอาหารทั้งมื้อ เนื่องจากเมื่ออดแล้ว มื้อถัดไปผู้ป่วยอาจกลับมารับประทานอาหารมากกว่าปกติ (ฉนิชา สมหล่อ, 2558)

#### 4.3 การรักษาด้วยการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายเป็นหนึ่งวิธีสำคัญในการรักษาผู้ที่เป็นโรคอ้วน การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอช่วยลดปริมาณไขมันที่สะสมในช่องท้องและใต้ผิวหนัง นอกจากนี้ยังช่วยให้สมรรถภาพทางกายของผู้ที่เป็นโรคอ้วนดีขึ้น สามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ ที่มากับโรคอ้วนได้ ดังนั้นการจัดโปรแกรมออกกำลังกายของผู้ที่เป็นโรคอ้วน ควรจะเพิ่มการเผาผลาญพลังงาน ส่งเสริมให้หัวใจแข็งแรงและไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บ ชนิดของการออกกำลังกายในผู้ที่เป็นโรคอ้วน ควรเป็นกิจกรรมที่เพิ่มการเผาผลาญพลังงานให้มากขึ้นจากขณะพัก เป็นกิจกรรมที่มีแรงกระแทกต่ำ และควรเป็นกิจกรรมที่ต้องมีการเคลื่อนไหวสำหรับผู้ที่เป็นโรคอ้วนและไม่เกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น การเดินแบบต่อเนื่องช้าๆ เดินช้าสลับเร็ว หรือเดินสลับวิ่งเหยาะๆ ซี่จักรยาน และว่ายน้ำ เป็นต้น ความถี่ของการออกกำลังกายควรออกกำลังกายให้ได้ 5 วันต่อสัปดาห์หรือมากกว่า หากเพิ่งเริ่มออกกำลังกายควรเริ่มจาก 2-3 วันต่อสัปดาห์ก่อนแล้วค่อยเพิ่มความถี่ขึ้น ระดับความหนักของการออกกำลังกายควรอยู่ที่ 40%-75%  $VO_2R$  ซึ่งความหนักในระดับนี้อยู่ในเกณฑ์ที่เบาจนค่อนข้างหนัก ควรออกกำลังกายในความหนักเบาก่อนในช่วงแรกแล้วค่อยเพิ่มขึ้นตามความเหมาะสม ระยะเวลาในการออกกำลังกายควรมากกว่า 150 นาทีต่อสัปดาห์ (สิทธา พงษ์พิบูลย์, 2556)

#### 4.4 การรักษาโดยใช้ยา

เป้าหมายของการรักษาด้วยยา (Pharmacotherapy) คือ ให้มีน้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งไม่สามารถทำได้ในความจริง จึงมักตั้งเป้าหมายที่สามารถปฏิบัติได้ และมีผลในการลดปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ และหลอดเลือด (สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2553) การใช้ยาลดน้ำหนัก จะพิจารณาใช้ในผู้ป่วยโรคอ้วนที่มีค่าดัชนีมวลกาย  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$  หรือ  $\geq 27 \text{ kg/m}^2$  และมีโรคร่วม เมื่อใช้การควบคุม

อาหารและออกกำลังกายไม่ได้ผล (ลดน้ำหนักได้น้อยกว่าร้อยละ 5-10 ใน 6-12 เดือน) ยาที่มีข้อบ่งใช้เพื่อใช้ลดน้ำหนักในปัจจุบัน (ไม่รวมยาที่ใช้จากผลข้างเคียงที่ทำให้น้ำหนักลด) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. กลุ่มที่ใช้ในการรักษาในระยะสั้น ได้แก่ Phentermine และ Diethylpropion
2. กลุ่มที่ใช้ในการรักษาในระยะยาว ได้แก่ Orlistat, Lorcaserin, Phentermine/Topiramate ER, Bupropion/Naltrexone และ Liraglutide

หากใช้ในขนาดที่เหมาะสมแล้วยังไม่สามารถลดน้ำหนักได้ถึงร้อยละ 5-10 ในระยะเวลา 3-6 เดือน แปลว่าใช้ไม่ได้ผลต้องพิจารณาหยุดหรือเปลี่ยนยา (โชคชัย วงศ์สินทรัพย์, 2560)

#### 4.5 การรักษาด้วยการผ่าตัดกระเพาะอาหาร

การรักษาด้วยการผ่าตัดกระเพาะอาหาร (Bariatric surgery) สามารถช่วยลดน้ำหนักและสามารถควบคุมน้ำหนักได้เป็นระยะเวลานาน และยังช่วยให้ผู้ป่วยโรคอ้วนหายจากโรคร่วมได้ดีอีกด้วย แต่การผ่าตัดรักษาในผู้ป่วยโรคอ้วนก็ค่อนข้างยาก และมีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นได้ เพราะฉะนั้นการเลือกผู้ป่วยที่เหมาะสม แก่การการผ่าตัดจึงเป็นสิ่งจำเป็น ถ้าผู้ป่วยมีค่าดัชนีมวลกายไม่เยอะมาก ความเสี่ยงจากการผ่าตัดมากกว่าความเสี่ยงของการเกิดโรคร่วมก็พิจารณารักษาด้วยวิธีไม่ผ่าตัดโดยการควบคุม อาหารและการออกกำลังกายน่าจะเหมาะสมได้ แต่ถ้าหากผู้ป่วยมีค่าดัชนีมวลกายสูง ความเสี่ยงของการเกิดโรคร่วมมากกว่าความเสี่ยงจากการผ่าตัดก็ควรพิจารณารักษาด้วยการผ่าตัดน่าจะได้ผลดีมากกว่า โดยทั่วไปมีข้อบ่งชี้ในการรักษาโรคอ้วนด้วยการผ่าตัดมีดังนี้

1. มีค่าดัชนีมวลกาย  $> 40 \text{ kg/m}^2$  (โดยไม่จำเป็นต้องมีโรคร่วม) หรือมีค่าดัชนีมวลกาย  $> 30 \text{ kg/m}^2$  ร่วมกับมีโรค/ภาวะแทรกซ้อน (แต่ในผู้ป่วยเอเชีย มีรูปร่างเล็กกว่าอเมริกา ยุโรป จึงได้กำหนดข้อบ่งชี้ ค่าดัชนีมวลกาย เป็น  $> 37.5 \text{ kg/m}^2$  หรือ  $> 32.5 \text{ kg/m}^2$  ที่มีโรคร่วมเกิดขึ้นแล้วก็ควรผ่าตัดรักษาแล้ว)

2. มีอายุระหว่าง 16-65 ปี
3. ยอมรับการผ่าตัดที่มีความเสี่ยง
4. ผู้ป่วยที่เคยมีประวัติล้มเหลวจากการลดน้ำหนักโดยวิธีไม่ผ่าตัด
5. ไม่เป็นผู้ที่มีอาการทางจิตเวช ภาวะซึมเศร้ารุนแรง และได้รับยาทางจิตเวช
6. ผู้ป่วยมีไหวพริบและมีแรงจูงใจ
7. สามารถติดตามผลการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตในระยะยาวได้
8. มีครอบครัว สังคม และสิ่งแวดล้อมที่สนับสนุน
9. ไม่ติดสุรา และ/หรือติดยาเสพติด

ปัจจุบันการรักษาโรคอ้วนด้วยการผ่าตัดที่ได้รับการยอมรับ สามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ดังนี้



1. กลุ่มที่ผ่าตัดเพื่อลดขนาดกระเพาะอาหาร (Restrictive procedure) เช่น Gastric banding และ Sleeve gastrectomy
2. กลุ่มที่ผ่าตัดเพื่อลดขนาดกระเพาะอาหารและลดการดูดซึม (Combined restrictive and Mal-absorptive procedure) เช่น ตัดกระเพาะและบายพาส/ลดการดูดซึม (Roux-en Y gastric bypass) (สุริยะ พันธุ์ชัย, 2556)

## การทำงานของหลอดเลือด

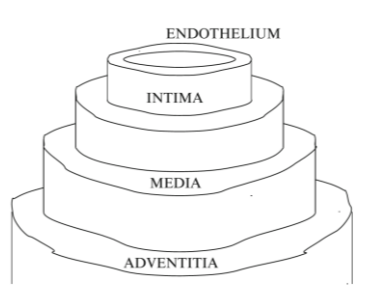
### 1. โครงสร้างผนังหลอดเลือด

ระบบไหลเวียนโลหิตประกอบด้วยหลอดเลือดที่มีโครงสร้างพื้นฐานของหลอดเลือดแดง (Artery) และหลอดเลือดดำ (Vein) ที่เหมือนกัน โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น คือ

ชั้นในสุด (Tunica intima) เป็นชั้นที่มีการเรียงตัวของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Endothelial cells; ECs) เพียงชั้นเดียวซึ่งถูกเรียกว่า เอนโดทีเลียม (Endothelium) ซึ่งเป็นชั้นที่มีการสัมผัสกับแรงต้านเล็กน้อยขณะที่มีการไหลผ่านของเลือด เซลล์บุผนังหลอดเลือดจะอยู่บนชั้นบางๆ ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เกิดจากอิลาสตินและคอลลาเจน เอนโดทีเลียมเซลล์จะควบคุมการไหลเวียนเลือดให้เป็นปกติและป้องกันการแข็งตัวของเลือด เอนโดทีเลียมเซลล์จะทำหน้าที่ในการสร้างไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) ซึ่งช่วยให้มีการไหลเวียนเลือดที่เป็นปกติโดยทำให้กล้ามเนื้อเรียบภายในหลอดเลือดคลายตัว

ชั้นกลาง (Tunica media) เป็นชั้นที่ประกอบด้วยเส้นใยของกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle fibers) และอิลาสติน เมื่อมีการกระตุ้นจากระบบประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic nervous system) จะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อเรียบเกิดการหดตัวของหลอดเลือด (vasoconstriction) ทำให้มีการไหลของเลือดลดลง และเมื่อระบบประสาทซิมพาติกถูกยับยั้งกล้ามเนื้อเรียบจะคลายตัวทำให้หลอดเลือดคลายตัว การไหลของเลือดจะมากขึ้น

ชั้นนอกสุด (Tunica adventitia) ประกอบด้วยเส้นใยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ป้องกันหลอดเลือดและยึดล้อมรอบหลอดเลือดไว้ซึ่งมีการขนส่งเลือดและสารอาหารไปยังหลอดเลือดชั้นกลางและหลอดเลือดชั้นนอก



รูปที่ 1 แสดงชั้นของผนังหลอดเลือด

ที่มา : Thiriet, 2013

## 2. เซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด

เซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดหรือเซลล์เอนโดทีเลียม (Endothelium) คือเซลล์ที่อยู่บริเวณชั้นในสุดของหลอดเลือด เป็น สความัสเซลล์ (Squamous cell) รูปร่างคล้ายภูเขาคีบ มีความหนา 0.2-0.4 ไมโครเมตร มีลักษณะเป็นเซลล์ชั้นเดียวเรียงต่อกันเป็นแถว (Monolayer) อยู่บนเยื่อหุ้ม (Basement membrane) ด้านบนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ หลอดเลือดชนิดต่างกันจะมีโครงสร้างของเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดต่างกัน ในสภาวะปกติเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดจะไม่มีการแบ่งตัว แต่จะสามารถแบ่งตัวเพื่อทดแทนเซลล์ที่หมดอายุหรือหลุดลอกออกไปได้ เซลล์ที่แบ่งตัวทดแทนจะเกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดข้างเคียง และเซลล์ชนิดอื่นๆ เช่น เซลล์ที่ยังไม่พัฒนาไปทำหน้าที่เฉพาะ (Undifferentiated cell) ในชั้นกลางของเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด ไฟโบรบลาสต์ (Fibroblast) เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle cell) และเซลล์เม็ดเลือดในระบบไหลเวียน (Circulating blood cell) เป็นต้น (Caterina & Libby, 2007; นภัสกร ชื่นสิริ, 2557)

### 2.1 หน้าที่ของเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด

2.1.1 ทำงานประสานกับเซลล์กล้ามเนื้อเรียบโดยทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณจากสิ่งเร้าต่างๆ แล้วแปลผลและส่งสัญญาณที่แปลผลแล้วกลับมายังเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ

2.1.2 มีหน้าที่รักษาความสมดุลของหลอดเลือด ควบคุมการหดตัวและขยายตัวของหลอดเลือด (Vasoconstriction and Vasodilation) โดยทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเกล็ดเลือด เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ เม็ดเลือดขาวโมโนไซต์ และแมคโครฟาจ เซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดจะรักษาสมดุลโดยการควบคุมการสร้างสารกระตุ้นการหดตัวของหลอดเลือด ได้แก่ สารก่อการแข็งตัวของหลอดเลือด (Pro-thrombotic and Pro-atherogenic) และสารก่อการอักเสบ (Pro-inflammatory) เช่น ซีแลคติน (Selectins) อินเตอร์เซลล์ูลาร์ เอ็ดฮีชัน โมเลกุล วัน (Intercellular adhesion molecule-1; ICAM-1) วาสคูลาร์ เซลล์ เอ็ดฮีชัน โมเลกุล วัน

(Vascular cell adhesion molecule-1; VCAM-1) อินเตอร์ลิวคิน เอ็ด (Interleukin-8; IL-8) โมโนไซต์ เคโมเอ็ท แทรกแตนท์โปรตีน วัน (Monocyte chemoattractant protein-1; MCP-1) เพลทเล็ต แอคติเวตติ้ง แฟคเตอร์ (Platelet-activating factor; PAF) เอ็นโดทีลีน วัน (Endothelin-1; ET-1) แองจิโอ เท็นซิน ทู (AngiotensinII; AngII) ทรอมบิน แอคติเวทเทเบิล ไพบรีโนไลซิส อินฮิบิเตอร์ (Thrombin-activator fibrinolysis inhibitor; TAFI) พลาสมิโนเจน แอคติเวเตอร์ อินฮิบิเตอร์ วัน (Plasminogen activator inhibitor-1 (PAI-1) และวาสคูลาร์ เอ็นโดทีเลียล แฟคเตอร์ (Vascular endothelial growth factor; VEGF) เป็นต้น เพื่อให้มีปริมาณที่พอเหมาะกับการกระตุ้นการคลายตัวของหลอดเลือด ได้แก่ สารต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) สารต้านการแข็งตัวของเลือด (Anti-thrombotic and Anti-atherogenic) เช่น ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) โปรสตาไซคลิน (Prostacyclin; PGI<sub>2</sub>) เอ็นโดทีเลียลดีริฟไฮเปอร์โพลาร์ไรซิง (Endothelium-derived hyperpolarizing factor; EDHF) และทรอมโบโมดูลิน (Thrombomodulin) เป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อการควบคุมความดันโลหิตด้วย

2.1.3 ควบคุมกระบวนการแข็งตัวของเลือด เป็นกระบวนการละลายเลือดที่แข็งตัวหรือลิ่มเลือด ทำให้เลือดคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด (Thombosis and fibrinolysis)

2.1.4 ทำหน้าที่เป็นตัวกั้น (Barrier) ระหว่างเลือดกับเซลล์ เป็นตัวเลือกผ่านระหว่างโพรงของหลอดเลือดกับบริเวณรอบๆเนื้อเยื่อ ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ระหว่างเซลล์และเลือดควบคุมการขนส่งเม็ดเลือดขาวเข้าและออกกระแสเลือด และควบคุมสมดุลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ทั้งภายในและภายนอกหลอดเลือด โดยควบคุมการขนส่งน้ำและสารละลายต่างๆ

2.1.5 เป็นเซลล์เป้าหมาย (Target cells) สำหรับการตอบสนองของฮอร์โมนต่าง

2.1.6 ช่วยในการเปลี่ยนแปลงสาร แองจิโอเท็นซิน วัน (Angiotensin I) ไปเป็น แองจิโอ เท็นซินทู (Angiotensin II)

2.1.7 การสร้างหลอดเลือดใหม่ (Angiogenesis)

2.1.8 การต้านการอักเสบในหลอดเลือด (Inflammation)

2.1.9 ช่วยในการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (Immune system) (Caterina & Libby, 2007; นภัสกร ชื่นศิริ, 2557)

## 2.2 สารชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด

2.2.1 ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO)

ไนตริกออกไซด์เป็นสารที่สร้างจากเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด มีผลทำให้หลอดเลือดคลายตัว ค้นพบในปีค.ศ. 1980 โดย เฟิร์ชกอตต์ (Furchgott) และชาวาซสกี (Zawadzki)

ได้ทำการทดลองค้นคว้าจนทราบว่า ไนตริกออกไซด์มีคุณสมบัติช่วยให้หลอดเลือดคลายตัว เช่นเดียวกับกับอะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) ไนตริกออกไซด์เป็นสารที่เกิดจากแอลอาร์จินิน (L-arginine) โดยอาศัยปัจจัยร่วม นิโคตินาไมด์ อะดรีนิน ไดนิวคลีโอไทด์ ฟอสเฟต (Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate; NADPH) และมีเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส (Nitric oxide synthase; NOS) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์ และซิทรูลิน (Citrulline) (Prakhinkit et al., 2014; นภัสกร ชื่นสิริ, 2557)

ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) มีสถานะเป็นอนุภาคแก๊สอิสระที่สามารถละลายในน้ำได้ สร้างจากเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส (Nitric oxide synthase; NOS) โดยการออกซิโดซกรดอะมิโนแอล-อาร์จินิน (L-arginine) ให้เป็นกรดอะมิโนแอล-ซิทรูลิน (L-citrulline) ในร่างกายพบเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส จำนวน 3 ไอโซฟอร์ม (isoform) ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานและพบในชนิดของเซลล์ที่แตกต่างกัน คือ นิวโรนอล ไทป์ (Neuronal type; nNOS) พบมากที่เนื้อเยื่อในระบบประสาท (Nervous tissue) สร้าง ไนตริกออกไซด์เพื่อทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) (Toda et al., 2003; รุ่งรัตน์ นิลธเสน, 2559) อินดูซิเบิล ไทป์ (Inducible type; iNOS) พบในเซลล์ที่ถูกกระตุ้นด้วยไซโตไคน์ (Cytokine) ซึ่งเกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายตอบสนองต่อการติดเชื้อ เช่น การได้รับเอนโดท็อกซินของแบคทีเรีย (Bacterial endotoxin) (Marletta et al., 1993; รุ่งรัตน์ นิลธเสน, 2559) และ เอนโดทีเลียลไทป์ (Endothelial type; eNOS) พบในเซลล์บุผนังหลอดเลือด ซึ่งมีบทบาทหลักในการสร้างสารไนตริกออกไซด์ เพื่อควบคุมการทำงานของผนังหลอดเลือด และทำหน้าที่ป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดตีบแข็งได้ดังนี้ (Albrecht et al., 2003; รุ่งรัตน์ นิลธเสน, 2559)

1. ทำให้หลอดเลือดมีการขยายตัว (Vasodilator effects) ไนตริกออกไซด์จะมีการสร้างในเซลล์บุผนังหลอดเลือดและแพร่ไปยังเซลล์กล้ามเนื้อเรียบซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์ในผนังหลอดเลือด ทำให้มีการเพิ่มปริมาณของไซคลิก กัวโนซีน โมโนฟอสเฟต (Cyclic guanosine monophosphate; cGMP) และเกิดการกระตุ้นสารอื่นๆ ที่พบในเซลล์บุผนังหลอดเลือด ส่งผลให้หลอดเลือดมีการขยายตัวและอยู่ในสภาวะสมดุล (Cahill & Redmond, 2016; รุ่งรัตน์ นิลธเสน, 2559)

2. ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Anti-oxidative effects) ในสภาวะที่มีไขมันในเลือดสูง (Hyperlipidemia) ร่างกายจะเกิดความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) ทำให้มีการสร้างสารประกอบที่เป็นอนุพันธ์ของออกซิเจน (Reactive oxygen species; ROS) เช่น ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (Superoxide anion) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl radical) สารอนุพันธ์ของออกซิเจนเหล่านี้จะทำให้ไขมันที่อยู่ในระบบไหลเวียนโลหิตเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) กลายเป็นสารที่ทำให้เซลล์บุ

ผนังหลอดเลือดเกิดการบาดเจ็บ (Cell injury) ซึ่งหากมีไนตริกออกไซด์อยู่ในปริมาณสูงจะสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้ (Ray et al., 2012; Wink et al., 2001; Rubbo et al., 2000; รุ่งรัตน์ นิลธเสน, 2559)

3. ยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (Antiproliferative effects) หากเซลล์บุผนังหลอดเลือดมีความผิดปกติ (Endothelial dysfunction) มีการสร้างไนตริกออกไซด์ลดลง จะส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่อยู่ในสภาวะปกติ (Quiescent state) กลายเป็นสภาวะที่ถูกกระตุ้น (Synthetic state) ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบมีการเพิ่มจำนวนและการเคลื่อนที่ (Smooth muscle cells proliferation and migration) ไปยังผนังหลอดเลือดชั้นในสุด ทำให้เกิดการหนาตัวของผนังหลอดเลือดและปิดกั้นทางเดินเลือด และยังส่งผลให้เซลล์ในผนังหลอดเลือดเกิดการตายแบบ อะพอพโทซิส (Apoptosis) (Schwartz, 1997; รุ่งรัตน์ นิลธเสน, 2559)

4. ยับยั้งการเกาะของเม็ดเลือดขาวบนเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Anti-adhesive effects) โรคหลอดเลือดตีบแข็งเป็นโรคที่มีความเกี่ยวข้องกับการอักเสบโดยสารไซโตไคน์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคหลอดเลือดตีบแข็ง เช่น ทูเมอร์เนคโครซิส แฟคเตอร์-อัลฟา (TNF- $\alpha$ ) (Kleinbongard et al., 2010) และอินเตอร์ลิวคิน-1 ซึ่งสารดังกล่าวจะกระตุ้นให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเรียบมีการแสดงออกของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการยึดเกาะของเม็ดเลือดขาว (Cellular adhesion molecules) เช่น วาสคิวลาร์ เซลล์ แอดฮีชัน โมเลกุล วัน (Vascular cell adhesion molecule 1; VCAM-1) และ อินเตอร์เซลล์ลูล่า แอดฮีชัน โมเลกุล วัน (Intercellular adhesion molecule 1; ICAM-1) บริเวณผิวเซลล์ ซึ่งจะส่งผลให้มีการคั่งของเม็ดเลือดขาวในผนังหลอดเลือด (Leukocyte infiltration) มีการอักเสบรุนแรง และเกิดเป็นพลาัค (Plaque) อุดกั้นทางเดินเลือด ซึ่งในสภาวะที่มีสารไนตริกออกไซด์จะยังยับยั้งการแสดงออกของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการยึดเกาะของเม็ดเลือดขาว โดยจะยับยั้งการทำงานของนิวเคลียส แฟคเตอร์ แคปปา บี (Nuclear factor-kappa B; NF-kB) มีผลทำให้มีการแสดงออกของโปรตีนในที่ตั้งกล่าวลดลง (De Caterina et al., 1995; Peng et al., 1995; รุ่งรัตน์ นิลธเสน, 2559)

### 2.2.2 สารอนุมูลอิสระ (Free radical)

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่วงนอกของอะตอมหรือโมเลกุล จึงมีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยา โดยรับอิเล็กตรอนจากสารอื่นๆ ใกล้เคียงให้ตนเองเสถียรขึ้นในขณะเดียวกันก็นำให้สารที่ให้อิเล็กตรอนนั้นมีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่จนอาจกลายเป็นสารที่มีความรุนแรงซึ่งถ้าเกิดขึ้นในระบบสิ่งมีชีวิต อาจทำอันตรายกับส่วนประกอบสำคัญของเซลล์รอบๆ บริเวณนั้น ทำให้สารชีวโมเลกุลเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเสียหายที่การทำงาน อนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ ในร่างกายที่เป็นสารตั้งต้นทำให้เกิดอนุมูลอิสระสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 3 แบบ คือ กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (Reactive oxygen

species; ROS) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive nitrogen species; RNS) และกลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive chlorine species; RCS) สารบางชนิดสามารถจัดอยู่ได้ 2 กลุ่ม เช่น เพอรอกซีไนไตรท์ (Peroxyinitrite)

อนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเกิดโรค ทั้งเป็นต้นเหตุของการเกิดโรค และเป็นปัจจัยทำให้โรคมักพัฒนาการอย่างรวดเร็วและมีความรุนแรงยิ่งขึ้น โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมและความบกพร่องของเซลล์ประสาท ภาวะการขาดเลือดของหัวใจและสมอง และอนุมูลอิสระยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ เนื่องจากอนุมูลอิสระมีความไวสูงไม่คงตัวเพราะมีอิเล็กตรอนเดี่ยว จึงพยายามหาอิเล็กตรอนมาจับคู่เพื่อให้เกิดความคงตัว ซึ่งเป้าหมายแรกที่อนุมูลอิสระทำให้เกิดความเสียหาย และเป็นสาเหตุของการเกิดโรค คือ สารชีวโมเลกุลที่สำคัญในร่างกายที่ไวต่อการถูกออกซิไดส์ ได้แก่ ไขมันเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ รีเซพเตอร์ สารสื่อประสาทและดีเอ็นเอ (โอภา วัชรคุปต์, 2550; เสาวลักษณ์ สุนทรลักษณ์, 2551)

### 2.2.3 เลปติน (Leptin)

เลปตินเป็นฮอร์โมนชนิดหนึ่งที่สูงขึ้นจากเซลล์ไขมันซึ่งจะไปออกฤทธิ์ที่สมองส่วนไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) กำหนดความรู้สึกหิวและอิ่มของร่างกาย ในคนอ้วนเลปตินจะถูกสร้างขึ้นในปริมาณมาก แสดงให้เห็นถึงปริมาณของไขมันในร่างกายที่มีอยู่มาก ในทางกลับกันคนที่มีปริมาณไขมันในร่างกายน้อย ก็จะมีปริมาณเลปตินน้อยตามไปด้วย อันที่จริงการที่มีปริมาณของเลปตินสูงนั้น จะส่งผลให้ร่างกายเพิ่มการเผาผลาญ และควบคุมให้มีการรับประทานอาหารที่น้อยลง

การทำงานของเลปตินที่เกี่ยวข้องกับขบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายนั้น จำเป็นที่ต้องอาศัยโปรตีนอื่นๆ ด้วย โดยหลังจากที่เลปตินจับกับรีเซปเตอร์ที่อยู่ในสมองส่วนไฮโปทาลามัสแล้วนั้น จะลดการหลั่งสารนิวโรเปปไทด์ วาย (Neuropeptide Y; NPY) ลง ซึ่งสารชนิดนี้จะมีผลให้ร่างกายลดการใช้พลังงานลง แต่จะกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกหิวขึ้นมาแทน อีกทั้งสารชนิดนี้ยังควบคุมการสร้างพลังงานจากเซลล์ไขมันชนิดสีน้ำตาล (Brown fat cell) การเพิ่มของระดับอินซูลินในเลือด (Plasma insulin) การเพิ่มของระดับฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรอยด์ (Corticosteroid) และการเพิ่มของระดับฮอร์โมนคอร์ติโคโทรฟินริลีสซิง (Corticotrophin releasing hormone; CRH) ซึ่งทำหน้าที่ยับยั้งความอยากในการรับประทานอาหาร (Yang & Barouch, 2007)

โดยทั่วไปปริมาณเลปตินในซีรัมของคนปกติจากวิเคราะห์ด้วยวิธีเรดิโออิมมูโนแอสเสย์ (Radioimmunoassay) จะมีประมาณ  $5 \pm 15$  นาโนกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งปริมาณเลปตินนี้จะเพิ่มขึ้นในคนที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน ( $31.3 \pm 24.1$  นาโนกรัม/มิลลิลิตร) จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ของระดับเลปตินนั้นเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับปริมาณของไขมันในร่างกาย รวมถึงปัจจัยอื่นๆ

ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไขมันในร่างกาย เช่น ดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) และเพศ (ผู้หญิงมีการสะสมไขมันตามร่างกายมากกว่าผู้ชาย อันเนื่องมาจากความจำเป็นในการใช้ไขมันมากกว่าเพศชาย หรืออาจจะเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนเพศ) (นภัสกร ชื่นสิริ, 2557)

#### 2.2.4 อะดิโปเนคติน (Adiponectin)

อะดิโปเนคติน (Adiponectin) เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากเซลล์ไขมันสีขาว มีผลต่อความไวของอินซูลิน อะดิโปเนคตินแสดงฤทธิ์ทางสรีรวิทยาโดยจับกับตัวรับจำเพาะ ได้แก่ อะดิโป อาร์วัน (AdipoR1) และ อะดิโป อาร์ทู (AdipoR2) ทำให้ลดการสร้างกลูโคสที่ตับ เพิ่มการเก็บกลับกลูโคส และเพิ่มการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน ระดับอะดิโปเนคติน ในเลือดลดลงในผู้ป่วยโรคอ้วน มีความสัมพันธ์เชิงลบกับโรคอ้วนโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และภาวะดื้ออินซูลิน ระดับอะดิโปเนคตินในเลือดต่ำเกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการเมแทบอลิก และภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง หลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า อะดิโปเนคตินมีฤทธิ์ต้านเบาหวาน ต้านภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง และต้านการอักเสบ (วิมล พันธุ์เวทย์, 2556)

บทบาทของอะดิโปเนคตินต่อการควบคุมสมดุลกลูโคสและความไวของเนื้อเยื่อต่ออินซูลิน อะดิโปเนคตินมีผลเพิ่มการเก็บกลับกลูโคสเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อลาย ลดการสร้างกลูโคสที่เซลล์ตับ ลดการเก็บกรดไขมันเข้าสู่เซลล์ตับ เพิ่มการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่เซลล์ตับและกล้ามเนื้อลาย เพิ่มการสลายไขมันในเซลล์กล้ามเนื้อลาย ทั้งหมดที่กล่าวมานำไปสู่การลดระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด และเพิ่มความไวของเนื้อเยื่อต่ออินซูลิน (ชัยชาญ ติโรจนวงศ์, 2549; วิมล พันธุ์เวทย์, 2556)

บทบาทของอะดิโปเนคตินต่อการต้านภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง อะดิโปเนคตินมีผลกระตุ้นการสร้าง และการทำงานของเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ที่เยื่อบุโพรงหลอดเลือดทำให้เพิ่มการสร้างไนตริกออกไซด์ อะดิโปเนคตินยับยั้งเซลล์ แอดฮีชัน โมเลกุล (Cell adhesion molecule) ลดการเคลื่อนที่และการรวมตัวของโมโนไซต์ที่ผนังหลอดเลือดยับยั้งการแสดงออก (Expression) และการทำงานของตัวรับ สแคเวนเจอร์ รีเซพเตอร์ คลาส เอวัน (Scavenger receptor class A1; SR-A1) บนแมโครฟาจทำให้ลดการนำการเผาผลาญไขมันออกซิไดซ์ (Oxidized LDL) เข้าสู่แมโครฟาจยับยั้งการเกิดโฟมเซลล์ (Foam cell) และยับยั้งการกระตุ้นโดยโกรทแฟคเตอร์ (Growth factor) ที่เซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด ทำให้ลดการเจริญของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด (Berg et al., 2002; Haluzik et al., 2004)

บทบาทของอะดิโปเนคตินต่อการต้านการอักเสบการที่อะดิโปเนคตินเข้าจับกับตัวรับ อะดิโป อาร์วัน (AdipoR1) และ อะดิโป อาร์ทู (AdipoR2) ที่โมโนไซต์ แมโครฟาจ และเยื่อบุโพรงหลอดเลือด ทำให้ยับยั้งการสร้างโปรอินเฟลมเมทอรี ไซโตไคน์ (Proinflammatory cytokines) และ เคโมไคน์ (Chemokines) จากทั้งเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันและเยื่อบุโพรงหลอดเลือด

เลือด ซึ่งเซลล์ดังกล่าวจะถูกกระตุ้นให้สร้างโปรอินเฟลมเมทอรีไซโตไคน์ (Proinflammatory cytokines) และ เคโมไคน์ (Chemokines) เมื่อมีการอักเสบเกิดขึ้น นอกจากนี้ อะดิโปเนคตินมีผลลดระดับ ทีเอ็นเอฟ แอลฟา (TNF- $\alpha$ ) อินเตอร์ลิวคินซิก (Interleukin-6; IL-6) และ ซีอาร์พี (CRP) และควบคุมการทำงานของเฟลมเมทอรีเซลล์ (Inflammatory cell) (Robinson et al., 2011; Okamoto et al., 2006) นอกจากนี้ มีรายงานการวิจัยที่แสดงถึงบทบาททางสรีรวิทยาของอะดิโปเนคตินในด้านอื่นๆ อีก เช่น ด้านการสร้างหลอดเลือดใหม่ (Ouchi et al., 2004) และด้านการเกิดเนื้องอก (Kadowaki et al., 2005; วิลล พันธุเวทย์, 2556)

### 2.2.5 เอนโดทีลีน (Endothelin)

เป็นเปปไทด์ชนิดหนึ่งที่เซลล์เยื่อหลอดเลือดสร้างขึ้น มีผลทำให้ทำให้หลอดเลือดหดตัวซึ่งมีการจับกับอีทีเอ รีเซปเตอร์ (ET<sub>A</sub>receptor) ที่บริเวณเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด การหลั่งเอนโดทีลีนเพิ่มมากขึ้นจะพบได้ในโรคต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือดแดงแข็ง ภาวะหัวใจล้มเหลวชนิดมีเลือดคั่งและไตล้มเหลว

### 2.2.6 พรอสตาไซคลิน (Prostacyclin)

สร้างมาจากเซลล์เยื่อหลอดเลือด สารตั้งต้น คือ กรดอะแรคคิโตนิก และ เอนไซม์ไซโคลออกซิเจเนส พรอสตาไซคลินมีผลทำให้หลอดเลือดขยายตัว โดยจับกับไอพี รีเซปเตอร์ (IP receptor) ที่กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นเอนไซม์อะดีนีนเลตไซเครส และเพิ่มไซคลิกเอเอ็มพีทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดเกิดการขยายตัว

### 2.2.7 แบริดีไคนิน (Bradykinin)

จะออกฤทธิ์จับกับบีทู รีเซปเตอร์ (B<sub>2</sub>receptor) ที่เซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด ทำให้เกิดการกระตุ้นการหลั่งของไนตริกออกไซด์และพรอสตาไซคริน ทำให้หลอดเลือดแดงขยายตัว (เสาวลักษณ์ สุนทรลักษณ์, 2558)

## 2.3 โรคอ้วนและการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

### 2.3.1 การอักเสบของหลอดเลือดกับภาวะหลอดเลือดแข็งตัว

การมีน้ำหนักเกินหรือโรคอ้วนจะทำให้มีการสะสมของเซลล์ไขมัน (Adipocyte) อยู่ในเนื้อเยื่อของร่างกายเป็นจำนวนมาก ซึ่งเซลล์ไขมันจะสร้างสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบคือทีเอ็นเอฟแอลฟา (TNF- $\alpha$ ) ซึ่งในคนที่มีภาวะน้ำหนักเกินจะมีสารดังกล่าวในระบบไหลเวียนโลหิตมากกว่าคนที่น้ำหนักปกติสารดังกล่าวจะมีผลโดยตรงทำให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดเกิดการอักเสบ มีผลให้เกิดการเพิ่มจำนวนและการสะสมของเซลล์ชนิดต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในผนังหลอดเลือด เช่น เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ สารเคลือบเซลล์ (Extracellular matrix) ไขมัน (Lipid) คอเลสเตอรอล (Cholesterol) แคลเซียม (Calcium) และสารอื่นๆ ที่พบในเลือด (Libby, 2002)



การสะสมของสารเหล่านี้เป็นเหตุให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดทำงานผิดปกติ ส่งผลให้มีการผลิตสารที่มีคุณสมบัติทำให้หลอดเลือดขยายตัวลดลง (Balligand, 2002) ซึ่งเมื่อเซลล์บุผนังหลอดเลือดมีการอักเสบทำให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ลดลง มีผลทำให้ไขมันที่อยู่ในกระแสเลือดชนิดหนึ่ง ที่เรียกว่า โลวเดนซีสตี ลิปิดโปรตีน (Low density lipoprotein; LDL) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารที่เป็นอนุพันธ์ของออกซิเจนทำให้ไขมันโลวเดนซีสตี ลิปิดโปรตีน (Low density lipoprotein; LDL) เปลี่ยนรูปไปเป็นออกซิไดซ์แอลดีแอล (Oxidized LDL; oxLDL) ส่งผลให้ผนังหลอดเลือดถูกทำลายและมีการอักเสบรุนแรงมากยิ่งขึ้น (Nascimento, M. M. et al., 2002) โดยการอักเสบดังกล่าวจะกระตุ้นให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเรียบสร้างและหลั่งสารเพื่อกระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาวที่เรียกว่า โมโนไซต์ เคโมแทกติก โปรตีน (Monocyte chemotactic protein; MCP) และ แมคโครฟาจ โคลนีสติมูเลตติ้ง แฟคเตอร์ (Macrophage colony-stimulating factor; M-CSF) ทำให้เม็ดเลือดขาวที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบชนิดโมโนไซต์ (Monocyte) ในระบบไหลเวียนเลือดและแมคโครฟาจ (Macrophage) ที่อยู่ในเนื้อเยื่อมายังบริเวณที่มีการอักเสบ สารดังกล่าวจะกระตุ้นให้โมโนไซต์เพิ่มจำนวน และเปลี่ยนแปลงเป็นแมคโครฟาจเพื่อจับกินไขมันที่สะสมอยู่ในผนังหลอดเลือดโดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis) ซึ่งเป็นกลไกที่ร่างกายพยายามกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่อยู่ในผนังหลอดเลือดให้หมดไป (Lusis, 2000) อย่างไรก็ตามเม็ดเลือดขาวเหล่านั้นไม่สามารถทำลายไขมันที่สะสมอยู่เป็นจำนวนมากได้ และจะมีการสะสมของไขมันที่ถูกจับกินในไซโตพลาสซึมของแมคโครฟาจเรียกว่า “Macrophage foam cell” เมื่อมีการรวมกันของเซลล์ดังกล่าวเป็นจำนวนมากจะทำให้มองเห็นลักษณะแถบสีเหลืองที่ผนังหลอดเลือดในขณะเดียวกันเซลล์บุผนังหลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเรียบจะมีการแสดงออกของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการยึดเกาะที่บริเวณผิวเซลล์ เพื่อเหนี่ยวนำให้เม็ดเลือดขาวจากระบบไหลเวียนเลือดมายังบริเวณที่มีการอักเสบ และแทรกตัวเข้าไปในผนังหลอดเลือด (Liscum et al., 1999) ส่งผลให้ผนังหลอดเลือดมีการอักเสบมากขึ้น และทำให้เกิดการตายของเซลล์บุผนังหลอดเลือด เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ และเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ การตายของเซลล์เหล่านั้นจะทำให้เกิดรอยโรคบริเวณผนังหลอดเลือดเรียกว่า “Atherosclerotic plaque” ซึ่งมีผลทำให้รบกวนการไหลเวียนของเลือด ทำให้เลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ได้น้อยลง และแรงดันที่เกิดจากการไหลเวียนของเลือดจะส่งผลให้พลาคว (Plaque) เกิดการแตกและมีการเข้ามาเกาะของเกล็ดเลือด (Platelet aggregation) ทำให้เกิดเป็นลิ่มเลือด (Thrombus) ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะหลุดเข้าสู่กระแสเลือดแล้วไปอุดตันที่อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น สมองก็จะทำให้เกิดโรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease) หรือไปอุดตันที่หัวใจก็จะทำให้เป็นโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (Myocardial infarction) เป็นต้น (Klingenberg et al., 2009; รุ่งรัตน์ นิธิธเสน, 2559)

## 2.4 วิธีการประเมินการทำงานของหลอดเลือด

หลอดเลือดระดับมหภาคและจุลภาค (Micro-and Macro-vascular) มีหลักการประเมินการทำงานของหลอดเลือดระดับมหภาคและจุลภาคได้ทั้งแบบการตรวจภายนอกร่างกาย (Non-invasive) และภายในร่างกาย (Invasive) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการทำงานของหลอดเลือดระดับมหภาคโดยเป็นการตรวจแบบภายนอกร่างกาย โดยมีการประเมินการทำงานของหลอดเลือดได้ดังนี้

### 2.4.1 หลอดเลือดแดงระดับมหภาค

หลอดเลือดแดงระดับมหภาค (Macrovascular) คือ ส่วนหนึ่งของระบบไหลเวียนเลือดที่เป็นหลอดเลือดขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในมากกว่า 100 ไมครอน เช่น หลอดเลือดแดงใหญ่ (Arteries) หน้าที่ของหลอดเลือดแดงใหญ่คือการกระจายการไหลของเลือดจากหัวใจไปอวัยวะต่างๆ ภายใต้อัตราความดันสูง ภาวะแทรกซ้อนต่อหลอดเลือดระดับมหภาค ได้แก่ โรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary artery disease) โรคหลอดเลือดแดงส่วนปลายตีบ (Peripheral arterial disease) และโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) เป็นต้น

### 2.4.2 วิธีการประเมินการทำงานของหลอดเลือดระดับมหภาค

วิธีการตรวจวัดสำหรับการประเมินหลอดเลือดระดับมหภาคที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ การประเมินการตอบสนองของหลอดเลือด (Vascular reactivity) ในระบบการไหลเวียนเลือดระดับใหญ่โดยการใช้เครื่องมืออัลตราซาวด์ (Ultrasonography Imaging) ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใส่เข้าไปในร่างกาย โดยใช้เทคนิคการวัดบริเวณหลอดเลือดแดงที่แขน (Brachial artery) เป็นวิธีการที่ใช้บ่อยและสะดวกเพราะการไหลของเลือดที่เกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือด (Flow-mediate vasodilation; FMD) เกิดขึ้นได้ง่ายตรงบริเวณดังกล่าว มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อกระบวนการตอบสนองของหลอดเลือดในผู้ที่ถูกวัด เช่น อุณหภูมิ อาหาร ยา การกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก และการมีประจำเดือน ดังนั้นผู้ที่ถูกวัดควรงดอาหารก่อนอย่างน้อย 8-12 ชั่วโมงก่อนการศึกษา ควรทำในห้องที่เงียบและมีการควบคุมอุณหภูมิ และให้ผู้ถูกวัดอยู่ในท่านอน (Regensteiner et al., 2009; เสาวลักษณ์ สุนทรลักษณ์, 2558)

วิธีวัดการขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediate dilatation; FMD) วัดโดยการใช้เครื่องอัลตราซาวด์ ทำการวัดการขยายตัวสูงสุดของหลอดเลือดคลายตัว (Diastolic) ขณะพัก ขณะหลอดเลือดหดตัว เมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเลือด ขณะหลอดเลือดขยายตัวหลังเปิดการปิดกั้นการไหลของเลือด และขณะหลอดเลือดกลับสู่ภาวะปกติ หลังการปิดกั้นการไหลของเลือด โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงาย พัก 15-20 นาที ใช้แถบผ้าพัน (Cuff) ของเครื่องวัดความดันโลหิตรัดบริเวณแขนท่อนล่าง ทำการอัลตราซาวด์หลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อพับแขนด้านหน้า (Brachial artery) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดขณะพัก

เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นบีบแรงดันในเครื่องวัดความดันโลหิตเหนือความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว 50 มิลลิเมตรปรอท ค้างไว้ 5 นาที ซึ่งเป็นการทำให้เกิดการขาดเลือดในช่วงสั้น ๆ วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดขณะถูกปิดกั้น จากนั้นปล่อยแรงดันออกจนหมดคล้ายการบีบของเครื่องวัดความดันโลหิต จะกระตุ้นให้หลอดเลือดขยายตัว วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดหลังถูกปิดกั้น เป็นเวลา 5 นาที คำนวณจากสูตร (Mitranun et al., 2014; นภัสกร ชื่นสิริม, 2557)

$$\%FMD = [(D2-D1)/D1] \times 100$$

เมื่อ D1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดก่อนการปิดกั้นการไหลของเลือดขณะพัก หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เมื่อ D2 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดของหลอดเลือดก่อนการปิดกั้นการไหลของเลือดขณะพัก หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความแข็งของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) เป็นการวัดความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า วัดโดยใช้เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (Non-invasive vascular screening device) โดยวัดเวลาที่แตกต่างกันของการสูบฉีดเลือด (Brachial-ankle time delay) ที่หลอดเลือดบริเวณต้นแขน (Brachial artery) และหลอดเลือดบริเวณข้อเท้า (Posterior tibial artery) จากนั้นวัดความยาวจากจุดที่วัดทั้งสองจุด เพื่อตรวจวัดความยืดหยุ่นของเส้นเลือดแดง หรือการแข็งตัวของหลอดเลือด ทำการคำนวณหาความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง (Brachial-ankle pulse wave velocity: baPWV) จากสูตรดังต่อไปนี้ (Sugawara et al., 2005; นภัสกร ชื่นสิริม, 2557; เสาวลักษณ์ ศิริปัญญา, 2560)

$$baPWV \text{ (cm/sec)} = L / (T_a - T_b)$$

เมื่อ L คือ ระยะทางระหว่างหลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อพับแขน (Brachial artery) กับหลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อเท้าใต้ตาตุ่ม (Posterior tibial artery) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

Ta คือ ค่าเฉลี่ยเวลาระหว่างคลื่นสัญญาณชีพจรของหลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อพับแขน (Brachial artery) หน่วยเป็น วินาที

Tb คือ ค่าเฉลี่ยเวลาระหว่างคลื่นสัญญาณชีพจรของหลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อเท้าใต้ตาตุ่ม (Posterior tibial artery) หน่วยเป็น วินาที

ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-media thickness; IMT) วัดโดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์บริเวณหลอดเลือดแดงของลำคอด้านข้าง (Common carotid artery) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงาย เอียงศีรษะไปทางซ้าย 45 องศา ทำการอัลตราซาวด์หลอดเลือดแดงของลำคอด้านขวา วัดความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นในทั้งด้านใกล้และไกล (Near and far wall)

(Meyer et al., 2006; นภัสกร ชื่นสิริม, 2557) แล้วเข้าไปโปรแกรมคิวแลป (QLAB) คำนวณหาความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นใน

#### 2.4.3 การวัดปริมาณการไหลของเลือด (Blood flow volume)

เป็นการวัดที่หลอดเลือดด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Ultrasound machine) และหัวตรวจ (Transducers) ที่มีความถี่ 12-3 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงในการตรวจวินิจฉัยวิธีการทำได้โดยการวางหัวตรวจไว้บริเวณที่ต้องการ อาศัยหลักการของพัลส์เวฟ ดอปเปลอร์ (Pulse-wave Doppler) เพื่อศึกษาถึงลักษณะการไหลเวียนและความเร็วของการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงและดำ โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือด (Time average mean velocity; TAMV) และคำนวณปริมาณการไหลของเลือดจากสูตรดังต่อไปนี้ (Hunt, Stodart, & Feruson, 2016; เสาวลักษณ์ ศิริปัญญา, 2560)

$$\text{Blood flow volume} = \text{TAMV} \times \pi \times (r)^2 \times 60$$

เมื่อ TAMV = ความเร็วเฉลี่ยของเลือด มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที (cm/s)

r = รัศมีของหลอดเลือด (Vessel radius) หน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

และ 60 ใช้สำหรับแปลงหน่วยจากมิลลิลิตรต่อวินาที (ml/sec) เป็นมิลลิลิตรต่อนาที (ml/min)

#### 2.4.4 การวัดอัตราแรงเฉือนของเลือด (Vascular share rate)

เป็นการวัดแรงเฉือนการไหลของเลือดที่กระทำต่อผนังหลอดเลือด มีหน่วยเป็น ต่อ วินาที ( $s^{-1}$ ) สามารถคำนวณอัตราแรงเฉือนของเลือดได้จากสูตรดังต่อไปนี้ (Parker, Ridout & Proctor, 2006; เสาวลักษณ์ ศิริปัญญา, 2560)

$$\text{Shear rate } (s^{-1}) = 4 \times (\text{TAMV}/\text{diameter})$$

เมื่อ TAMV = ความเร็วเฉลี่ยของเลือด มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที (cm/s)

Diameter = ขนาดของหลอดเลือด หน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

#### 2.4.5 การวัดอัตราแรงเค้นของเลือด (Shear stress)

เป็นการวัดอัตราแรงเค้นของเลือดที่กระทำต่อผนังหลอดเลือด มีหน่วยเป็น ดายนต์ต่อตารางเซนติเมตร ( $\text{dyn}/\text{cm}^2$ ) สามารถคำนวณอัตราแรงเค้นของเลือดได้จากสูตรดังต่อไปนี้ (Dhindsa et al., 2008; เสาวลักษณ์ ศิริปัญญา, 2560)

### การออกกำลังกาย

#### 1. ความหมายของการออกกำลังกาย

การออกกำลังกาย หมายถึง การเคลื่อนไหวร่างกาย หรือกิจกรรมการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการใช้มัดกล้ามเนื้อใหญ่ๆ มากกว่าการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเฉพาะหรือมัดเล็กๆ กิจกรรม

การออกกำลังกาย ได้แก่ การบริหาร เกม และกิจกรรมที่มีรูปแบบ เช่น การวิ่ง การว่ายน้ำ และวิ่งเหยาะ (ถนนวงศ์ กฤษพีร์ และกุลธิดา เขิงฉลาด, 2536)

การออกกำลังกาย หมายถึง การเคลื่อนไหวร่างกายแบบทำซ้ำๆ ที่มีการวางแผนและมีรูปแบบ เพื่อการสร้างเสริมหรือคงสภาพของสุขภาพ (Health) และสมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) ในองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งหรือมากกว่า (ดร.ณวรรณ สุขสม, 2561)

การออกกำลังกายเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างต่อเนื่องที่ทำให้อวัยวะต่างๆ เช่น กระดูก กล้ามเนื้อ หัวใจ ปอด และหลอดเลือดได้ทำงานมากขึ้นจากภาวะปกติ เมื่อปฏิบัติซ้ำๆ อย่างเหมาะสม และสม่ำเสมอเป็นระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้อวัยวะต่างๆ เหล่านั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการป้องกันและลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ (ดร.ณวรรณ สุขสม, 2561)

**2. ประโยชน์ของการออกกำลังกาย** (ดร.ณวรรณ สุขสม, สุพรรณ สุขอรุณ, และสุวิมล ทรัพย์วโรบล, 2553)

2.1 ทำให้ระบบไหลเวียนเลือดทำงานได้ดีขึ้น การออกกำลังกายบางรูปแบบ เช่น การออกกำลังกายแอโรบิก หรือแบบสลับช่วง จะมีผลทำให้ระบบการทำงานของหัวใจ ปอด หลอดเลือด และการไหลเวียนเลือดทั่วร่างกายแข็งแรง และมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม

2.2 ช่วยชะลอความเสื่อมและลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรค การออกกำลังกายที่เหมาะสมจะสามารถชะลอความเสื่อมของอวัยวะต่างๆ ลดระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดโรคเกี่ยวกับหลอดเลือด

2.3 ทำให้รูปร่างและการทรงตัวดีขึ้น การออกกำลังกายเป็นการช่วยให้การเผาผลาญอาหารภายในเซลล์ต่างๆ ของร่างกายได้รวดเร็วและปริมาณมากขึ้น ช่วยให้รูปร่างดีขึ้น เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่าการออกกำลังกายเป็นการลดความอ้วน และการควบคุมน้ำหนักที่ได้ผลดี การมีรูปร่างที่ดี จะทำให้มีความคล่องตัวเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังทำให้จิตใจสบาย ร่าเริงแจ่มใส และเกิดความเชื่อมั่นในตัวเองสูงขึ้น การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้มีการทรงตัวดีขึ้น มีความกระฉับกระเฉงว่องไว ทำให้การทำงานของอวัยวะต่างๆ มีความสัมพันธ์ และประสานงานกันได้ดี

2.4 ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง การออกกำลังกายช่วยให้กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น สามารถเคลื่อนไหวได้ดียิ่งขึ้น

2.5 ช่วยให้ระบบขับถ่ายของเสียของร่างกายดีขึ้น การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้นทุกระบบ เช่น ระบบขับเหงื่อ ปัสสาวะ และอุจจาระ

2.6 ทำให้การนอนหลับดีขึ้น การออกกำลังกายจะช่วยลดความเครียด และความวิตกกังวลทำให้นอนหลับได้ดียิ่งขึ้น

2.7 ช่วยด้านจิตใจ การออกกำลังกายช่วยให้มีการหลั่งสารเอ็นดอร์ฟิน สารนี้นอกจากจะลดความเจ็บปวดแล้วยังเป็นสารที่ต่อต้านความซึมเศร้า ช่วยให้จิตใจสบาย อารมณ์แจ่มใส และร่าเริง

### 3. หลักการออกกำลังกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ACSM,2018)

#### 3.1 หลักการกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกาย (Principles of exercise prescription)

ในหลักการกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคอ้วนหรือผู้มีน้ำหนักเกิน ประกอบด้วย การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Resistance exercise) และ การออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความยืดหยุ่น (Flexibility Exercise) โดยมีการกำหนด ความบ่อย (Frequency) ความหนัก (Intensity) ระยะเวลา (Time or Duration) และประเภท (Type or mode) ของการออกกำลังกายหรือเรียกว่า “หลัก FIIT” อาจมีหลักที่ต้องกำหนดแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับประเภทการออกกำลังกายดังนี้

##### การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise)

ความถี่ (Frequency) :  $\geq 5$  วันต่อสัปดาห์ เพื่อมีการเผาผลาญพลังงานมากขึ้น

ความหนัก (Intensity) : ออกกำลังกายแบบแอโรบิก ระดับปานกลางถึงหนัก ช่วงเริ่มออกกำลังกายควรออกกำลังกายระดับปานกลาง (40%-60% ของ  $VO_{2R}$  หรือ HRR) แล้วเพิ่มความก้าวหน้าให้มีความหนักมาก ( $\geq 60\%$  ของ  $VO_{2R}$  หรือ HRR) จะส่งผลให้มีประโยชน์ต่อสุขภาพ/สมรรถภาพทางกาย

ระยะเวลา (Time) : อย่างน้อย 30 นาทีต่อวัน (150 นาทีต่อวัน) แล้วค่อยๆเพิ่มเป็น 60 นาทีต่อวัน (300 นาทีต่อวัน) ของการออกกำลังกายในระดับปานกลางออกกำลังกายแบบแอโรบิก การออกกำลังกายหนักมากควรจัดให้สำหรับกลุ่มที่สามารถทำได้หรือเต็มใจออกกำลังกายในระดับหนัก อาจออกกำลังกาย 10 นาที ค่อยๆสะสมไปอย่างต่อเนื่องได้สำหรับผู้เริ่มออกกำลังกายใหม่ๆ

ชนิดของการออกกำลังกาย (Type) : ควรเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีการใช้มัดกล้ามเนื้อใหญ่ๆ ควรเพิ่มโปรแกรมออกกำลังกายประเภทการออกกำลังกายเพื่อเสริมการทรงตัว (Balanced exercise) การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Resistance training) และ การออกกำลังกายแบบเพิ่มความยืดหยุ่น (Flexibility exercise) ร่วมด้วย (ACSM, 2014)

**การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Resistance training)** (ดร.ณวรรณ สุขสม, 2561)

ความถี่ (Frequency) : ควรได้รับการฝึก 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ในแต่ละกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก เช่น ต้นแขนด้านหน้า (Biceps) ต้นแขนด้านหลัง (Triceps) ต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ต้นขาด้านหลัง (Hamstrings)

ความหนัก (Intensity) : 60-70% ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด (1 RM) (ความหนักระดับปานกลางถึงสูง) สำหรับผู้เริ่มต้นการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

: 80% ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด (1RM) (ความหนักระดับสูงมาก) สำหรับผู้ที่มีประสบการณ์แล้วเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

: 40-50% ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด (1RM) (ความหนักระดับเบาถึงปานกลาง) อาจเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ยูนิ่ง (Sedentary person) ที่ต้องการเริ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

: < 50% ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด (1RM) (ความหนักระดับเบาถึงปานกลาง) เพื่อเสริมสร้างความอดทนของกล้ามเนื้อ

ระยะเวลา (Time) : ไม่มีข้อกำหนดเรื่องระยะเวลาของการฝึก

ชนิดของการออกกำลังกาย (Type) : ออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านในกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก สามารถใช้อุปกรณ์ที่หลากหลาย เช่น เครื่องกำหนดน้ำหนัก (Weight machine) น้ำหนักตัว (Body weight) บาร์เบล (Barbell) ดัมเบล (Dumbbell) ยางยืด (Elastic tube) เป็นต้น

จำนวนครั้ง : 8-12 ครั้งสำหรับการเสริมสร้างความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อในวัยผู้ใหญ่ทุกคน

: 10-15 ครั้งสำหรับการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในวัยกลางคนและผู้สูงอายุที่เพิ่งเริ่มออกกำลังกาย

: 15-20 ครั้ง สำหรับการเสริมสร้างความอดทนของกล้ามเนื้อ

จำนวนเซต (Sets) : 2-4 เซต สำหรับวัยผู้ใหญ่ทุกคนเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงและกำลัง

: ≤ 2 เซต เหมาะสำหรับการเสริมสร้างความอดทนของกล้ามเนื้อ

: 1 เซตของการใช้แรงต้าน เพียงพอสำหรับผู้สูงอายุและผู้เริ่มต้นออกกำลังกาย

รูปแบบ (Pattern) : มีการพักระหว่างแต่ละเซตประมาณ 2-3 นาที มีการพัก ≥ 48 ชั่วโมง ระหว่างครั้งของการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านของแต่ละกลุ่มกล้ามเนื้อ

ความก้าวหน้า (Progression) : ค่อยๆ เพิ่มความหนักของแรงต้านอย่างช้าๆ และ/หรือเพิ่มจำนวนครั้งในเซต และ/หรือเพิ่มความถี่ของการออกกำลังกาย

**การออกกำลังกายแบบเพิ่มความยืดหยุ่น (Flexibility Exercise)** (ดร.ณวรรณ สุขสม, 2561)

ความถี่ (Frequency) : ≥ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ จึงจะเพียงพอในการเพิ่มมุมของการเคลื่อนไหว (Range of motion; ROM) โดยที่ต้องยืดเหยียดให้มีประสิทธิภาพที่สุดในแต่ละวัน

ความหนัก (Intensity) : ยึดจนถึงจุดตึง หรือมีความไม่สุขสบาย (Discomfort) เล็กน้อย

ระยะเวลา (Time) : ยึดแบบค้างนิ่ง (Static stretching) เป็นเวลา 10-30 วินาที สำหรับวัยผู้ใหญ่ทุกคน

ชนิด (Type) : เป็นการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อแต่ละข้อต่อหลัก (Major muscle and joints) ของร่างกาย

ปริมาณ (Volume) : ใช้ระยะเวลาโดยรวม 60 วินาทีสำหรับการยืดเหยียดแต่ละท่า

รูปแบบ (Pattern) : ทำซ้ำการยืดเหยียดแต่ละท่าประมาณ 2-4 ครั้ง

: ทำซ้ำการยืดเหยียดจะมีประสิทธิภาพดีหากได้รับการอบอุ่นร่างกายด้วยกิจกรรมแบบแอโรบิกความหนักระดับเบาถึงปานกลาง หรือวิธีการอื่นๆ เช่น การแช่ในอ่างน้ำร้อน (Hot bath) หรือการใช้ความร้อนประคบ (Moist heat pack)

ความก้าวหน้า (Progression) : ยังไม่ทราบวิธีการที่ทำให้เกิดความก้าวหน้าอย่างเหมาะสม

#### 4. การออกกำลังกายแบบสลับช่วง

การฝึกแบบสลับช่วง (interval training) เป็นการออกกำลังกายที่แบ่งออกเป็นช่วงๆ โดยมีช่วงของการฟื้นฟูสภาพในระหว่างการฝึกหรือการออกกำลังกายการฝึกแบบสลับช่วงที่มีระยะทางมากจะส่งผลทำให้ร่างกายใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน และส่งผลให้ร่างกายมีการพัฒนาความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น (อมรเทพ วันดี, 2558)

การฝึกแบบสลับช่วงเป็นการฝึกแบบเป็นช่วงสั้นๆ กันโดยประกอบด้วยช่วงของการฝึกซึ่งมีความหนักที่สูงร่วมกับช่วงของการพักสั้นๆ (Wilmore & Costill, 1994)

การฝึกแบบสลับช่วงเป็นระบบของการพัฒนาหรือรักษาสมรรถภาพ เป็นการฝึกที่ประกอบด้วยการฝึกที่เป็นชุดสลับกับช่วงเวลาของการพัก ซึ่งช่วงเวลาของการพักมักมีการออกกำลังกายแบบเบาๆ โดยในอดีตนั้นเรียกรูปแบบการฝึกแบบนี้ว่า “Controlled interval method” โดยสิ่งที่กำหนดในการฝึก คือระยะทาง (Distance) ช่วงเวลา (Interval) จำนวนเที่ยว (Repetition) จำนวนรอบ (Time) ซึ่งเขียนเป็นคำย่อว่า “DIRT” การฝึกแบบสลับช่วง มีข้อได้เปรียบจากการฝึกแตกต่างไปจากการฝึกความอดทนโดยทั่วไป คือทำให้ร่างกายได้มีโอกาสพัฒนาระบบการสร้างและใช้พลังงานที่เหมาะสมกับประเภทกีฬาอย่างเต็มที่นอกจากนั้นยังให้ร่างกายได้พักเพิ่มเติมพลังและขจัดของเสียตลอดจนความร้อนจากกล้ามเนื้อเข้าสู่ระบบไหลเวียน เป็นการลดความเหนื่อย ซะลดจุดแห่งความล้า ทำให้ร่างกายทำงานได้มากขึ้นมีความอดทนมากขึ้น (ประทุม ม่วงมี, 2532)

4.1 องค์ประกอบของการฝึกแบบสลับช่วง (Plowman & Smith, 2008) ดังนี้

4.1.1 กำหนดระยะทางหรือความหนัก



#### 4.1.2 กำหนดระยะเวลาของการฝึก

#### 4.1.3 กำหนดเวลาพักหรือการฟื้นตัว

### 4.2 หลักการในการเขียนโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วง

4.2.1 วิเคราะห์ดูว่าประเภทกีฬาหรือการออกกำลังกายนั้นใช้ระบบการสร้างพลังงานประเภทใดเป็นหลัก

4.2.2 ใช้หลักการเพิ่มปริมาณหรือความหนัก (Overload principle) คือการค่อยๆ ให้ร่างกายได้เผชิญกับงานที่ทำโดยการกำหนด ความเร็วหรือเวลา เช่น จากช้าไปเร็ว และความเข้มข้นเช่น จากน้อยไปมากจากต่ำไปสูง หรือจากที่ทำได้น้อยครั้งไปสู่อันที่ทำได้บ่อยครั้ง

4.2.3 สร้างโปรแกรมการฝึกที่สอดคล้องกับสภาพของผู้เข้าฝึก ดังนั้นก่อนที่จะเขียนโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วง ได้อย่างเหมาะสมจึงต้องมีการทดสอบความสามารถก่อน และเมื่อฝึกแบบสลับช่วงไปได้ 2-3 สัปดาห์ควรมีการทดสอบอีกว่าโปรแกรมการฝึกนั้น ควรปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

4.2.4 การฝึกแบบสลับช่วงที่เน้นการรักษาระดับของสมรรถภาพทางกายจะได้ประโยชน์เมื่อใช้เวลาการฝึกระหว่าง 6-8 สัปดาห์

4.2.5 สร้างโปรแกรมที่มีลักษณะวันเว้นวัน เพื่อให้ร่างกายได้พัก

### 4.3 การกำหนดความเข้มข้นของการฝึก

4.3.1 การจับอัตราการเต้นของหัวใจเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจเป็นเครื่องบ่งชี้ที่สำคัญว่าควรเลือกทำกิจกรรมใด กำหนดความหนัก-เบาของกิจกรรม ซึ่งความเข้มข้นในการฝึกต้องมีความหนักที่เพียงพอในระดับร้อยละ 60-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

4.3.2 สังเกตผลทางกายภายหลังจากฝึกตามจำนวนเที่ยวต่อครั้งที่กำหนด วิธีการนี้จำนวนเที่ยวหรือครั้งที่ทำงานจะถูกกำหนดขึ้น หากออกกำลังกายไปแล้วเห็นว่าเกินกำลังอย่างมาก แสดงว่าความเข้มข้นสูงเกินไปหรือหากออกกำลังกายไปแล้วรู้สึกว่าได้ทำอะไรมากก็เป็นเครื่องบ่งชี้ว่างานนั้นมีความเข้มข้นไม่เพียงพอ

### 4.4 กิจกรรมและระยะเวลาของช่วงพักในช่วงพักของการฝึกแบบสลับช่วง

ควรคำนึงถึงระบบพลังงานที่ใช้ไป เช่น หากออกกำลังกายโดยใช้ระบบการสร้างพลังงานแบบ เอทีพี-พีซีเป็นหลักในช่วงพักควรเป็นการเดินหรือการยืดกล้ามเนื้อ (Rest-relief) และหากระบบการใช้พลังงานเป็นระบบแลคติก-แอซิด กิจกรรมในช่วงพักควรเป็นการเดินเร็วจ็อกกิ้งหรือออกกำลังกายเบา (Work-relief) จะช่วยทำให้ปริมาณของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อและในเลือดลดลงเร็วกว่ากิจกรรมที่หยุดพักอยู่เฉย ๆ

### 4.5 ระยะเวลาและความบ่อยของการฝึก

ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบา นั้นจะมีผลต่อเมื่อมีเวลาของการฝึกประมาณ 6-8 สัปดาห์ในกิจกรรมที่ใช้ระบบการสร้างพลังงานแบบเอทีพี-พีซีและแลคติก-แอซิด เป็นหลัก ในขณะที่กิจกรรมที่ต้องใช้ระบบออกซิเจนเป็นหลักอาจต้องเพิ่มเวลาฝึกอีกเล็กน้อยใน 1 สัปดาห์ควรมีการฝึกระหว่าง 2-5 ครั้งการฝึกควรเป็นลักษณะวันหนักสลับวันเบาหลักในการสร้างโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับผู้เข้ารับโปรแกรม ระยะเวลาที่เหมาะสมควรฝึกตั้งแต่ 6-8 สัปดาห์ อัตราการเต้นของหัวใจเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการกำหนดความหนัก-เบาของกิจกรรมที่ทำให้ซึ่งความหนักที่เพียงพอควรอยู่ในระดับร้อยละ 60-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจ ส่วนช่วงพักกิจกรรมที่ควรเป็นการเดินเร็วหรือออกกำลังเบา ๆ ดีกว่าการหยุดพักเฉย ๆ

#### 4.6 ประโยชน์ของการฝึกแบบหนักสลับเบา (มณีนทร รัชชบำรุง, 2546)

4.6.1 การฝึกแบบสลับช่วงเพิ่มความแข็งแรง (Strength) กำลัง (Power) ความเร็ว (Speed) และเพิ่มการใช้พลังงานจากไขมัน (Fat metabolism) ได้ดีกว่าการฝึกแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) ทั่วไป จากรายงานการค้นพบที่ว่า การฝึกแบบหนักสลับเบาจะเพิ่มปริมาณกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (Lean muscle tissue) ได้ดีกว่าการฝึกแบบแอโรบิกและการเพิ่มขึ้นของปริมาณกล้ามเนื้อปราศจากไขมันนี้จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายไขมันเพื่อสร้างพลังงาน

4.6.2 การฝึกแบบสลับช่วง เพิ่มแอนแอโรบิกหรือแลคติกเทรชโฮลด์ (Anaerobic or lactic acid threshold) และปริมาณการจับออกซิเจนสูงสุด (VO<sub>2</sub>max) เมื่อค่าต่าง ๆ เหล่านี้เพิ่มขึ้นจะทำให้ร่างกายสามารถออกกำลังกายที่ระดับการเต้นของหัวใจสูง ๆ (Higher heart rate) โดยปราศจากการสะสมของกรดแลคติกในเลือดและกล้ามเนื้อ (Lactic acid accumulation)

4.6.3 การฝึกแบบสลับช่วงช่วยประหยัดเวลาจากการศึกษาพบว่า การฝึกแบบสลับช่วงที่ใช้เวลา 30 นาทีจะเทียบได้กับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกทั่วไป 60 นาที และการฝึกแบบหนักสลับเบา 3 ครั้งต่อสัปดาห์จะเทียบได้กับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกทั่วไป 4-6 ครั้งต่อสัปดาห์ (ปิยะพงษ์ สายสวาท, 2558)

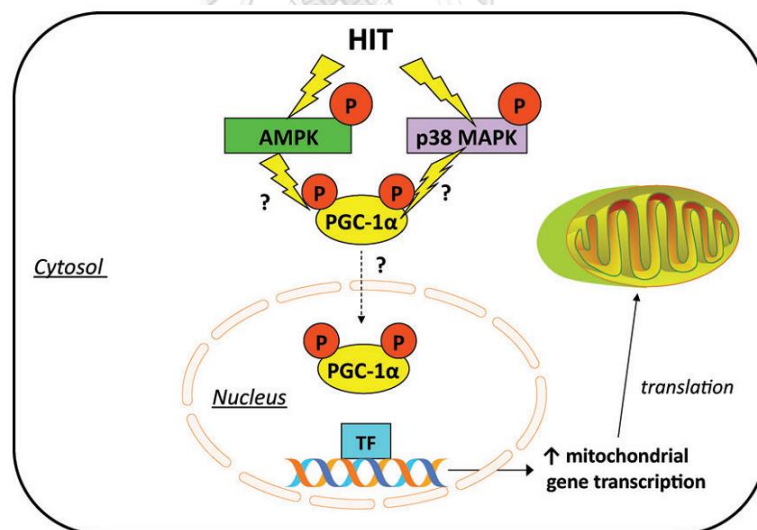
4.7 กลไกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง

4.7.1 กลไกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงด้วยปริมาณต่ำ (Low-volume HIIT) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (Gibala et al., 2012)

การออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงด้วยปริมาณต่ำจะช่วยเพิ่มการเก็บกักไกลโคเจน (Glycogen) ในขณะพัก ลดอัตราการสลายไกลโคเจน มีการผลิตแลคเตท (Lactate) ระหว่างการออกกำลังกายลดลง เพิ่มสมรรถภาพสำหรับร่างกาย (Whole body) เพิ่มการเผาผลาญไขมันที่กล้ามเนื้อ ช่วยพัฒนาโครงสร้างและการทำงานของหลอดเลือด ปรับปรุงประสิทธิภาพการออกกำลังกาย

(Exercise performance) ซึ่งประเมินได้จากระยะเวลาความเหนื่อยล้า (Time-to-exhaustion) และ ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake)

กลไกการเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุลเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial capacity) ซึ่งมีการกระตุ้นเพอรอกซิโซม โพรลiferator แอคทีเวเตอร์ แอคทีเวเตอร์ โคแอกทีเวเตอร์ (Peroxisome-proliferator activated receptor  $\alpha$  coactivator; PGC-1 $\alpha$ ) ซึ่งถือได้ว่าเป็นตัวควบคุมหลักของการสร้างไมโทคอนเดรียในกล้ามเนื้อ ในแง่หนึ่งจะมีการเพิ่มเอมอาร์เอ็นเอพีจีซีวันแอลฟา (PGC-1 $\alpha$  mRNA) หลายเท่าหลังการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง 3 ชั่วโมง โดยจะมีการเพิ่มการโยกย้ายพีจีซีวันแอลฟา (PGC-1 $\alpha$ ) ในนิวเคลียส ทำให้มีการเพิ่มการขนส่งเอมอาร์เอ็นเอ (mRNA) ของยีน การเปลี่ยนแปลงของไมโทคอนเดรียเกิดจากการกระตุ้นของสัญญาณของความหนักการออกกำลังกาย ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของไมโทคอนเดรียเกิดจากการกระตุ้นเอเอ็มพีเค (5'-AMP-activated protein kinase; AMPK) และ เอ็มเอพีเค (p38 mitogen-activated protein kinase; MAPK) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นโดยตรงในกระบวนการสร้างพลังงาน (Phosphorylation) และการกระตุ้นพีจีซีวันแอลฟา (PGC-1 $\alpha$ ) โดยมีความสัมพันธ์กับโปรตีนจำเพาะของอาร์เอ็นเอ (Transcription factors; TF) ทำให้เกิดโปรตีนไมโทคอนเดรียจำนวนมากในการผลิตไมโทคอนเดรีย (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 2 แสดงกลไกการสร้างไมโทคอนเดรียเมื่อมีการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง  
ที่มา : Gibala et al., 2012

4.7.2 กลไกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาส่วนกลาง (Central adaptation) ของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง (Laursen & Jenkins, 2001)

การเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาส่วนกลางคือการฝึกความอดทน (Endurance training) ที่เกิดจากการปรับปรุงการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่มีการทำงาน ทำให้อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในการตอบสนองต่อการฝึกความอดทน การพัฒนาการในการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังมีการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงทำให้ปริมาตรเลือดส่งออกจากหัวใจต่อนาที (Stroke volume) เพิ่มขึ้น ทำให้หัวใจห้องล่างซ้ายมีการบีบตัวแรงขึ้นหรือเกิดแรงดันเลือดนำไปเลี้ยงร่างกายสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรเลือดส่งออกจากหัวใจต่อนาทีและปริมาตรน้ำเลือด (Plasma volume) มีความสัมพันธ์สูงต่อปริมาตรเลือดส่งออกจากหัวใจต่อนาทีสูงสุด (Maximal cardiac output) กลไกสำหรับการเพิ่มความทนทานในการฝึกความหนักสูงในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงเป็นการพัฒนาความทนทานของหัวใจในการเพิ่มการไหลของเลือดและอัตราการขับเหงื่อ การเพิ่มปริมาตรเลือดส่งออกจากหัวใจต่อนาทีที่มีความสัมพันธ์สูงต่อความเมื่อยล้าและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่วนกลางของร่างกายซึ่งช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกายได้

การเปลี่ยนแปลงในระบบการทำงานของหลอดเลือด (Systemic vascular function) การฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงจะช่วยเพิ่มการไหลของเลือด อัตราแรงเค้น (Shear stress) และแรงเฉือน (Share rate) ต่อหลอดเลือด การบีบแคลเซียมเข้าไปในเอนโดทีเลียลเซลล์ ทำให้เกิดการกระตุ้นการผลิตไนตริกออกไซด์ที่มากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เกิดการลดลงของการดูดซึมสารอนุมูลอิสระ (Free radical-mediated) เข้าไปยังหลอดเลือดได้ (Calverley et al., 2020) ระยะเวลาที่มีการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงจะเกิดแรงเค้นมากขึ้นในหลอดเลือดส่งผลต่อการปรับปรุงการขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediate dilatation; FMD) เนื่องจากเกิดการกระตุ้นให้มีการขยายตัวของหลอดเลือดหลังออกกำลังกายมีผลในการยับยั้งวิถีความสัมพันธ์ของสารชีวเคมีที่ส่งผลเสียต่อหลอดเลือด โดยมีการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของการขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน 1% จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ 13% (Ramos et al., 2015) การออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงนั้นส่งผลต่อการลดลงของการแข็งตัวของหลอดเลือดได้ดีมากกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องในความหนักปานกลาง ซึ่งช่วยปรับปรุงความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง (Brachial-ankle pulse wave velocity: baPWV) ให้ดีขึ้น (Way et al., 2019) โดยเกิดจากความสัมพันธ์ของแรงเค้นที่เพิ่มสูงขึ้นหลังการออกกำลังกายทำให้เกิดการสร้างไนตริกออกไซด์มากขึ้นซึ่งส่งผลดีต่อแรงต้านหลอดเลือดส่วนปลาย (Peripheral vascular resistance) (Holloway et al., 2018)

4.7.3 กลไกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาส่วนปลาย (Peripheral Adaptations) ของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงจะเสริมให้เกิด

การเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาส่วนปลายเป็นการเพิ่มความสามารถของการทำงานของกล้ามเนื้อในการผลิตและการนำไปใช้พลังงานเอทีพี (ATP) ทำให้มีการปรับปรุงการเผาผลาญพลังงาน กลไกที่ทำให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพความอดทนเมื่อออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงการขนส่งของโซเดียมโพแทสเซียมเอทีพีเอส ( $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ ) และซาโคพลาสมิก เรติคูลัม แคลเซียมเอทีพีเอส (Sarcoplasmic reticulum  $\text{Ca}^{2+}\text{-ATPase}$ ) ที่เร็วขึ้น ซึ่งเอนไซม์นี้เป็นตัวควบคุมการปั๊มการขนส่งไอออนประจุบวก (Cation) ที่กลับไปยังเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscle membrane) ซึ่งจะส่งผลให้มีการเพิ่มการขนส่งไอออนประจุบวกได้เร็วมากขึ้น ปัจจัยอื่นในการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายนอกจากการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงคือมีการเปลี่ยนแปลงกลไกทางชีววิทยาของประสาทส่วนกลางและระบบต่อมไร้ท่อเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงในการเพิ่มไมโอโกลบิน (Myoglobin) ความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอย และคุณสมบัติชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงกลไกทางชีววิทยาจะช่วยให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย เกิดการลดลงของการผลิตประสาทซิมพาเทติกที่กล้ามเนื้อ มีการเพิ่มขึ้นของไมโอโกลบิน เพิ่มการตอบสนองในเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิดที่ 1 (Type I fibres) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในช่วงระยะพักของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง ทำให้เกิดกระบวนการย้อนกลับของการผลิตฟอสโฟครีเอทีน (Phosphocreatine) และเกิดการไต่กรดแลคติกในกล้ามเนื้อ มีการเพิ่มขึ้นของหลอดเลือดฝอยในเส้นใยกล้ามเนื้อลายส่งผลให้มีการขับเคลื่อนออกของแลกเตทที่ดีขึ้น

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### งานวิจัยในประเทศ

นภัสกร ชื่นศิริ (2557) ศึกษาการเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงและที่ความหนักสูงมากต่อการใช้พลังงาน องค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือดในเด็กที่เป็นโรคอ้วน พบว่า กลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170%  $\text{VO}_2\text{peak}$  และกลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง 90%  $\text{VO}_2\text{peak}$  มีการเผาผลาญพลังงานขณะพักสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ไม่พบความแตกต่างของดัชนีมวลกาย น้ำหนักตัว และไขมันในร่างกาย ในทั้ง 3 กลุ่มทดลอง กลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170%  $\text{VO}_2\text{peak}$  มีความหนาของผนังหลอดเลือด และความแข็งตัวของหลอดเลือดลดลง คอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ลดลง และมีไนตริกออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก ทั้งกลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170%  $\text{VO}_2\text{peak}$  และกลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง 90%  $\text{VO}_2\text{peak}$  อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ไม่พบความแตกต่างของครีเอทีนฟอสโฟไคนเนส และมาลอนไดอัลดีไฮด์ ในทั้ง 2 กลุ่มออกกำลังกาย และการฝึกออกกำลังกาย

กายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170%  $VO_{2peak}$  มีความสนุกสนานมากกว่าการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง 90%  $VO_{2peak}$  อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

### งานวิจัยต่างประเทศ

การ์เซีย เดอ ลา ทอเรีย และคณะ (García de la Torre et al., 2008) ศึกษาผลของการลดน้ำหนักหลังผ่าตัดกระเพาะอาหารในผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรงต่อการเจริญเติบโตแฟคเตอร์เอ (Factor-A) เอนโดทีเลียลเซลล์บุผนังหลอดเลือด อะดีโปไซโทคิน และอินซูลิน พบว่าระดับวีอีจีเอฟเอ (VEGF-A) กลุ่มควบคุมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการผ่าตัด มีการลดลงในกลุ่มที่ได้รับการผ่าตัด ไม่มีความแตกต่างระหว่างรูปแบบการผ่าตัด ความเข้มข้นของเลปติน และอินซูลินในผู้ป่วยโรคอ้วนสูงขึ้น แต่ลดลงในกลุ่มที่มีการผ่าตัดกระเพาะอาหาร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อน้ำหนักตัวลดลง

อัลคาทานิ และคณะ (Alkahtani et al., 2013) ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงต่อการเผาผลาญไขมัน แลคเตทในเลือด (Blood lactate) และระดับความเหนื่อย (The rate of exertion ; RPE) ในผู้ป่วยโรคอ้วนเพศชาย พบว่าองค์ประกอบร่างกายไม่มีการเปลี่ยนแปลงในการออกกำลังแบบปานกลางสลับเบากับการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา มีการเพิ่มการเผาผลาญไขมันหลังออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบอย่างมีนัยสำคัญที่ .001 ไม่มีผลต่อความหนักของการออกกำลังกาย แลคเตทในเลือดลดลงทั้งสองรูปแบบการออกกำลังกายแบบอย่างมีนัยสำคัญที่ .001 และไม่มี ความแตกต่างกันของทั้งสองรูปแบบการออกกำลังกาย ( $p=0.09$ ) ในกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา มีระดับความเหนื่อยลดลงดีกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบปานกลางสลับเบาอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

เรซิล และคณะ (Racil et al., 2013) ศึกษาผลการเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงสลับเบา (High intensity interval training; HIIT) กับความหนักปานกลางสลับเบา (Moderate intensity interval training ; MIIT) ต่อไขมัน และระดับอะดีโปเนคตินในผู้หญิงอายุน้อยที่เป็นโรคอ้วน พบว่าทั้งสองกลุ่มมีมวลร่างกาย (Body mass) ค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass index (BMI)) และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%Body fat) ลดลง ในขณะที่สมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_{2peak}$ ) และ ความเร็วในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal aerobic speed (MAS) เพิ่มขึ้น ไขมันแอลดีแอล (Low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C)) ไขมันเอชดีแอล (High-density lipoprotein cholesterol (HDL-C)) และ ระดับอะดีโปเนคตินมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น แต่รอบเอว (Waist circumference) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และคอเลสเตอรอลทั้งหมด (Total cholesterol) ลดลงเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาเท่านั้น ส่วนภาวะดื้ออินซูลินมีค่าลดลงในการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบ

อัลคาทานิ และคณะ (Alkahtani et al., 2013) ศึกษาการเปรียบเทียบอัตราการเผาผลาญไขมันในการทำสอบการออกกำลังกายกับการออกกำลังกายแบบสลับช่วงระดับความหนัก

ปานกลางสลับเบา (Moderate intensity interval training ; MIIT) ในกลุ่มที่เป็นโรคอ้วนเพศชาย พบว่า การเผาผลาญไขมันสูงสุด (Maximal fat oxidation ; MFO) ระหว่างทดสอบระบบหายใจและไหลเวียนเลือด จีเอ็กซ์ที (Graded exercise testing ; GXT) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยการเผาผลาญไขมันในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงระดับความหนักปานกลางสลับเบา ระหว่างที่มีการออกกำลังกายแบบสลับช่วงระดับความหนักปานกลางสลับเบาอัตราไขมันเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 25 นาทีมากกว่าช่วง 5 นาทีและ 15 นาทีอย่างมีนัยสำคัญที่ .001 และ .05 ตามลำดับ

เจเวสทาด และคณะ (Gjevestad et al., 2015) ศึกษาผลของการเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตและผ่าตัดกระเพาะอาหารแบบบายพาสต่อการแข็งตัวของหลอดเลือดใน 1 ปี พบว่า ในกลุ่มผ่าตัดกระเพาะอาหารมีน้ำหนักตัวลดลงมากกว่าการปรับเปลี่ยนการดำเนินชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วคลื่นชีพจรที่ผ่านหลอดเลือด (Pulse Wave Velocity: PWV) 20.02 (20.31 ถึง 0.27) m/s ในกลุ่มผ่าตัดกระเพาะอาหาร 0.03 (20.28 ถึง 0.33) m/s ในกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินชีวิต ค่าความเร็วคลื่นชีพจรที่ผ่านหลอดเลือดในกลุ่มผ่าตัดกระเพาะอาหารแตกต่างกับกลุ่มที่เปลี่ยนแปลงการดำเนินชีวิตอย่างมีนัยสำคัญ .05 น้ำหนักตัวที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับความเร็วคลื่นชีพจรที่ผ่านหลอดเลือด

อาร์เนอร์ และคณะ (Arner et al., 2015) ศึกษาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ระหว่างการแข็งตัวของหลอดเลือดและปริมาณหรือจำนวนเซลล์ไขมันในผู้ป่วยโรคอ้วน พบว่าปริมาณเซลล์ไขมันในช่องท้อง (Visceral adipocyte) มีความสัมพันธ์ และมีทิศทางบวก 20% ของตัวแปรในการเกิดการแข็งตัวของหลอดเลือดอย่างมีนัยสำคัญน้อยกว่า ค่าความเร็วคลื่นชีพจรที่ผ่านหลอดเลือด (Pulse Wave Velocity: PWV) มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับไขมันในช่องท้อง และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณไขมันรอบเอว (Subcutaneous)

เรซิล และคณะ (Racil et al., 2016) ศึกษาผลที่ดีกว่าของการฝึกออกกำลังกายสลับช่วงระดับความหนักสูงสลับเบา กับความหนักปานกลางสลับเบาต่อตัวแปรเกิดโรคคาร์ดิโอเมตาบอลิก เลปตินในเลือด และระดับความเหนื่อยหรือค่าอาร์พีอี (Rating of perceived exertion; RPE) ในผู้ป่วยโรคอ้วนผู้หญิงวัยรุ่น พบว่าทั้งสองกลุ่มมีมวลร่างกาย (Body mass; BM) ค่าดัชนีมวลกาย (BMI Z-score) และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%BF) ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ในกลุ่มออกกำลังกายสลับช่วงระดับหนักสลับเบาเท่านั้นที่มีค่ารอบเอวลดลง ทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake (VO<sub>2</sub>max) ดีขึ้นอัตราความดัน (Rate-pressure product; RPP) ลดลงทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางบวกในอัตราการเต้นหัวใจ ความดันเลือด น้ำตาลในเลือด ระดับอินซูลิน เลปตินในเลือด และค่าอาร์พีอี (RPE) ลดลงทั้งสองกลุ่ม เลปตินในเลือดมีความสัมพันธ์สูงกับเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และความสามารถในการใช้ออกซิเจน

สูงสุดในทั้งสองกลุ่ม ในขณะที่ค่าความเหนื่อย (RPE) มีความสัมพันธ์กับมวลร่างกาย (BM) เฉพาะในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงสลับเบา

เจอโรซา และคณะ (Gerosa-Neto et al., 2016) ศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาระยะยาวและการฝึกออกกำลังกายความหนักปานกลางต่อเนื่องต่อการอักเสบในผู้ที่มีน้ำหนักเกิน โรคอ้วนวัยผู้ใหญ่ พบว่า IL-6 ลดลงในกลุ่มออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาที่เอนเอฟแอลฟา (TNF- $\alpha$ ) ลดลงในกลุ่มควบคุม และเพิ่มขึ้นในกลุ่มออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา อะดีโพเนคติน ลดลงทุกกลุ่ม แนวโน้มการลดน้ำหนัก น้ำหนักตัวลดลง ค่าดัชนีมวลกายลดลงหลังออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาเท่านั้น แม้ว่าอะดีโพเนคตินจะลดลงและทีเอนเอฟแอลฟา (TNF- $\alpha$ ) จะเพิ่มขึ้นในกลุ่มออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาแต่แนวโน้มการตอบสนองต่ออินซูลินดีขึ้น

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

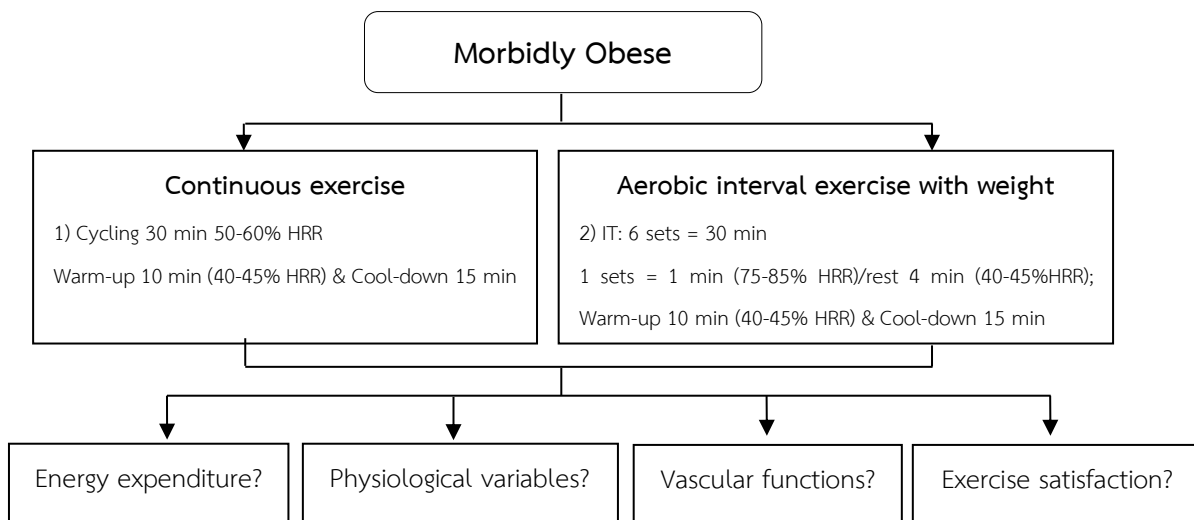
### การศึกษาที่ 1



มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรง อายุ 18-50 ปีได้รับการออกกำลังกาย 2 รูปแบบได้แก่ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ซึ่งการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องจะเป็นการปั่นจักรยานอยู่กับที่ กำหนดความหนักในการออกกำลังกายอยู่ในระดับปานกลางโดยคำนวณความหนักของอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกายอยู่ที่ 50-60% HRR ระยะเวลาในการออกกำลังกาย 30 นาที ก่อนออกกำลังกายจะมีการอบอุ่นร่างกายที่ความหนัก 40-45% HRR 10 นาที และหลังออกกำลังกายมีการคลายอบอุ่นร่างกายทั้งหมด 15 นาที ส่วนการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักจะมีการออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นซึ่งมีรอบการสลับช่วงความหนักสูงสลับความหนักเบา 6 รอบ แต่ละรอบในระดับความหนักสูงจะคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 75-85% HRR ใช้เวลาในการออกกำลังกาย 1 นาที สลับกับความหนักเบาที่มีความหนัก 45-55% HRR เป็นเวลา 4 นาที ก่อนออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีการอบอุ่นร่างกายและคลายอบอุ่นร่างกายเช่นเดียวกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ซึ่งทั้ง 2 รูปแบบการออกกำลังกายนั้นส่งผลแบบฉับพลันอย่างไรต่อการใช้พลังงาน การตอบสนองทางสรีรวิทยา การทำงานของหลอดเลือด และเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงหรือไม่





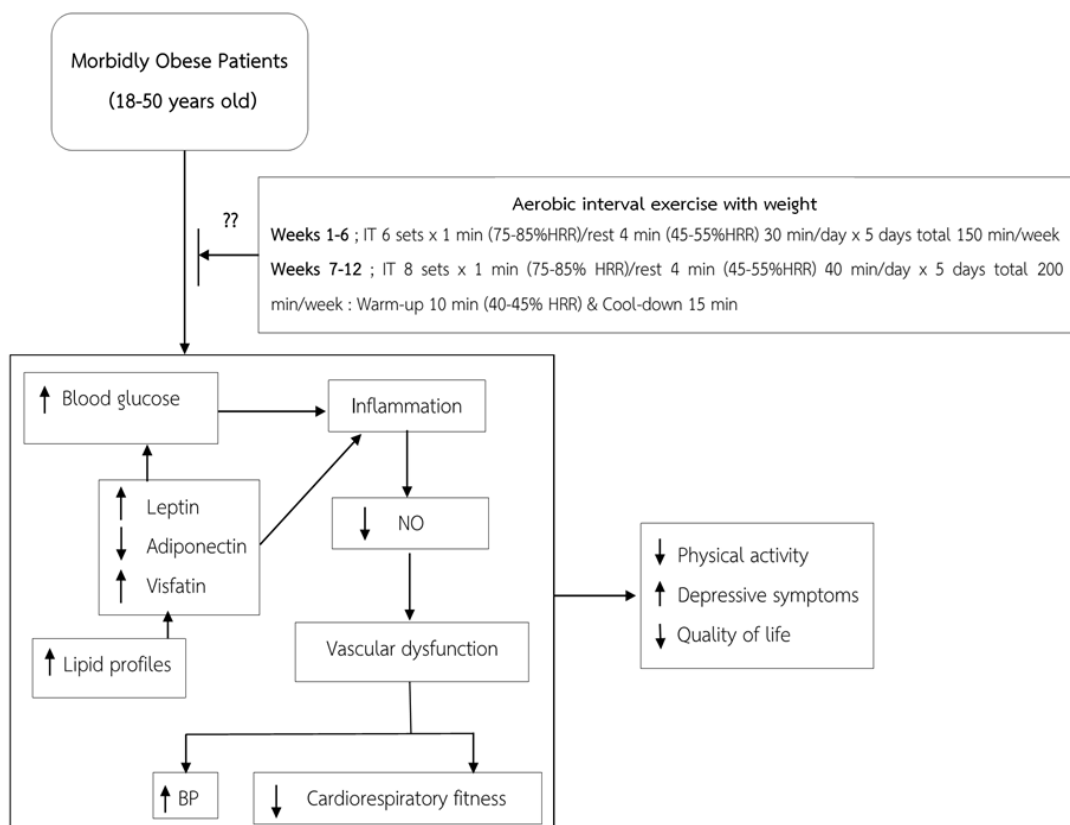
รูปที่ 3 กรอบแนวคิดของการศึกษาที่ 1

## การศึกษาที่ 2

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และเปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก

ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเป็นผู้ที่มีไขมันในร่างกายมากเกินไปจนความจำเป็นจึงส่งผลต่อระดับไขมันในเลือดทำให้มีภาวะไขมันสูงซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มขึ้นของเลปติน (Leptin) วิสแฟตติน (Visfatin) ส่วนอะดีโปเนคติน (Adiponectin) ลดลง ส่งผลต่อเนื้อเยื่อไขมันระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น ทำให้เยื่อผนังหลอดเลือดอักเสบจึงมีผลต่อการผลิตไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) ลดน้อยลงเป็นผลให้การทำงานของหลอดเลือดมีความผิดปกติ ส่งผลต่อความดันโลหิตที่สูงขึ้น และสมรรถภาพการไหลเวียนกับหายใจลดลง จึงส่งผลต่อเนื้อเยื่อไขมันกิจกรรมทางกายลดลง คุณภาพชีวิตต่ำลง และมีภาวะซึมเศร้าที่สูงขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจเกี่ยวกับรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเพื่อปรับปรุงสุขภาพร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ภาวะซึมเศร้า และคุณภาพชีวิต ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง โดยผู้วิจัยได้ออกแบบโปรแกรมให้มีระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 12 สัปดาห์ ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก (Aerobic

interval exercise with weight) โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 ช่วง 1-6 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มทดลองจะได้รับการออกกำลังกายระดับความหนักสูงที่ 75-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (Heart rate reserve, HRR) ใช้เวลา 1 นาที สลับกับช่วงออกกำลังกายระดับเบาที่ 45-55% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ใช้เวลา 4 นาที ทำทั้งหมด 6 รอบ เป็นเวลาทั้งหมด 30 นาทีต่อวัน ระยะที่ 2 ช่วง 7-12 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มทดลองจะได้รับการออกกำลังกายระดับความหนักสูงที่ 75-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองใช้เวลา 1 นาที สลับกับช่วงออกกำลังกายระดับเบาที่ 45-55% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองใช้เวลา 4 นาที ทำทั้งหมด 8 รอบ เป็นเวลาทั้งหมด 40 นาทีต่อวัน ทั้งนี้โปรแกรมการออกกำลังกายได้กำหนดให้มีการฝึกออกกำลังกาย 5 วันต่อสัปดาห์ และในการฝึกออกกำลังกายแต่ละครั้งให้มีการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 15 นาที ก่อนออกกำลังกาย และหลังการออกกำลังกายให้มีการคลายอุ่น (Cool-down) ในรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเนื้อค้างไว้ (Static stretching) 10 นาที (ดูรูปที่ 4)



รูปที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัยการศึกษาที่ 2

### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 การศึกษา ดังนี้

**การศึกษาที่ 1** เป็นการศึกษาดทดลองแบบไขว้กัน (Crossover experimental design) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและเปรียบเทียบผลลัพท์ของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่โครงการ 096.1/63 (ภาคผนวก ก) และผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการลงนามในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (ภาคผนวก ข) ทุกคน

#### กลุ่มตัวอย่าง

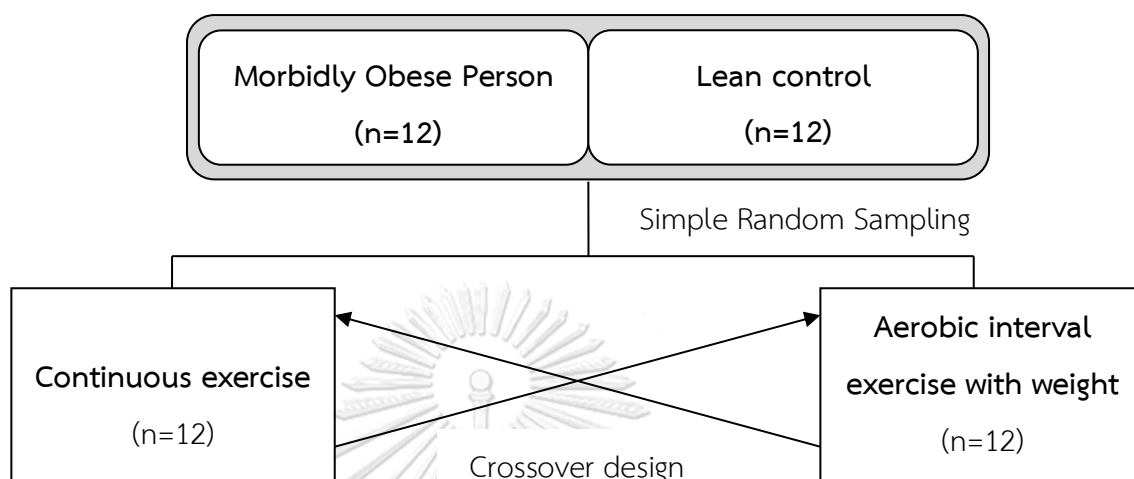
อาสาสมัครเป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้มีน้ำหนักปกติ ค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> จำนวน 12 คน และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> (Zheng, et al., 2011) จำนวน 12 คน โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจี-พาวเวอร์ (G\*Power) เวอร์ชัน 3.1.9.2 (Faul et al., 2007) ใช้ตัวแปรเป็นเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%body fat) อ้างอิงจากงานวิจัย ของ บิลินเดอร์ เอส ซีม่า และคณะ (Cheema, B. S. et al., 2015) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.80 และค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.80 กำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน รวมเป็น 24 คน (ภาคผนวก ค)

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง จะทำการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ จะได้รับการพิจารณาอายุที่ใกล้เคียงกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง โดยมีอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับหรือมากกว่าอายุของกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่เกิน 3 ปี และเป็นเพศเดียวกันกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง โดยทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม การออกกำลังกาย ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง จำนวน 12 คน

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก จำนวน 12 คน

ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งทุกคน จะได้รับการทดลองแบบไขว้กัน (Crossover design)  
 วิจัยที่เป็นกลุ่มที่ 1 แล้ว ต้องสลับไปเป็นกลุ่มที่ 2 และผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มที่ 2 ต้องสลับไป  
 เป็นกลุ่มที่ 1 โดยเว้นช่วงเวลาของการรับการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 5 การทดลองแบบไขว้กัน (Crossover design)

กลุ่มตัวอย่างมีเกณฑ์ในการคัดเลือกและคัดออกดังนี้

**กลุ่มผู้มีน้ำหนักปกติ**

เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. เป็นเพศหญิงหรือเพศชายอายุระหว่าง 18-50 ปี ที่มีน้ำหนักปกติซึ่งมีค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>

2. ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (ไม่มีการออกกำลังกายในระดับปานกลาง จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ และต่อเนื่องตลอด 3 เดือนที่ผ่านมา)

3. ไม่เป็นโรคดังต่อไปนี้ 1) โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ 2) โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ 3) โรคหลอดเลือดหัวใจ 4) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และ 5) โรคเกี่ยวกับระบบกระดูกกล้ามเนื้อ

4. ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการลดน้ำหนัก

5. มีความสมัครใจเข้าร่วมในงานวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

## 2. ต้องการออกจากงานวิจัย

### กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

#### เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. เป็นเพศหญิงหรือเพศชายอายุระหว่าง 18-50 ปี ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงซึ่งมีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>
2. ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (ไม่มีการออกกำลังกายในระดับปานกลาง จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ และต่อเนื่องตลอด 3 เดือนที่ผ่านมา)
3. ไม่เป็นโรคดังต่อไปนี้ ดังต่อไปนี้
  - 1) โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ (ค่าระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c)  $\geq$  10% และระดับน้ำตาลในเลือด  $\geq$  200 mg/dL)
  - 2) โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ (ความดันโลหิต  $\geq$  140/90 mmHg)
  - 3) โรคหลอดเลือดหัวใจทุกกรณี
  - 4) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และ
  - 5) โรคเกี่ยวกับระบบกระดูกกล้ามเนื้อที่ไม่สามารถออกกำลังกายได้ (ประเมินจากการวินิจฉัยโรคจากแพทย์ ณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์)
4. ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการลดน้ำหนัก
5. ได้รับความยินยอมจากแพทย์ผู้วินิจฉัยโรคที่เกี่ยวข้องกับการมีภาวะอ้วนรุนแรง เช่น การตรวจโรคเกี่ยวกับระบบหลอดเลือดและหัวใจ โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น (ในผู้ที่ไม่เคยเข้ารับการตรวจสุขภาพ) หรือแพทย์ประจำตัว (ในผู้ที่เป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือโรคความดันโลหิตสูงอยู่แล้ว) ให้เข้าร่วมโครงการวิจัย
6. มีความสมัครใจเข้าร่วมในงานวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

#### เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
2. ต้องการออกจากงานวิจัย

### ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การออกกำลังกายแบบสลับช่วง การออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ความสัมพันธ์ของการทำงานของหลอดเลือดกับโรคอ้วนรุนแรง และผลจากการออกกำลังกายในรูปแบบต่างๆ ในผู้ป่วยโรคอ้วน

2. ศึกษาและคิดวิเคราะห์รูปแบบการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่เหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ทั้งนี้โดยมีแนวคิดการออกกำลังกายทำให้ส่งผลดีต่อการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ลดการกลับมาเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว และการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างๆ อันเป็นผลจากความอ้วน ได้แก่ เบาหวาน ไขมันในเลือดสูง และความดันโลหิตสูง เป็นต้น โดยออกแบบท่าทางของการออกกำลังกายให้มีความเหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง เพื่อไม่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของข้อต่อ และกระดูก หรือส่งผลเสียต่อสุขภาพจากการออกกำลังกาย ใช้การทำงานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทั้งแขนและขา ทำฟิสิกออกกำลังกายที่มีแรงกระแทกต่ำ (Low impact exercise) ยึดหลักการการออกกำลังกายแบบสลับช่วง (Interval training) ได้อ้างอิงจากงานวิจัยของวิฑิต มิตรานันท์ และคณะ โดยมีสัดส่วนในการสลับช่วง 1:4 (Mitranun et al., 2014) ประกอบด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกผสมการใช้แรงต้านที่ความหนักระดับสูงสลับกับการใช้แรงต้านอย่างเดียวที่ความหนักระดับเบาเพื่อต้องการพัฒนามวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้กับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไปพร้อมกับการพัฒนาสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดตามหลักการการออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงของวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งอเมริกา (American college of sports medicine; ACSM) (ACSM, 2018)

3. สร้างรูปแบบโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่เหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง โดยได้ทำการทดลองใช้กับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจำนวน 2 คน เพื่อปรับปรุงลักษณะท่าทางการออกกำลังกายที่เหมาะสมและสามารถปฏิบัติได้ ทั้งช่วงการอบอุ่นร่างกาย ช่วงออกกำลังกาย และช่วงยืดเหยียดร่างกาย รวมถึงปรับปรุงความหนักของการออกกำลังกายในช่วงความหนักสูงสลับความหนักเบา ระยะเวลาการออกกำลังกาย ความถี่ของการออกกำลังกายที่เหมาะสมที่ผู้ป่วยสามารถทำได้ และมีความสุขสานต่อการออกกำลังกาย

4. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักโดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 นำโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ได้แก่ แพทย์ จำนวน 1 ท่าน อาจารย์กายภาพบำบัดจำนวน 1 ท่าน อาจารย์วิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 2 ท่าน นักออกแบบโปรแกรมออกกำลังกาย จำนวน 1 ท่าน พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักครั้งที่ 1 โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมตามองค์ประกอบของการออกกำลังกาย ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item objective congruence; IOC) ที่คำนวณได้ต้องมากกว่า 0.50 (Cox & Vargus, 1995)

4.2 ข้อมูลเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาใช้ในการปรับปรุงโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนัก แล้วนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาในครั้งที่ 2

4.3 ปรับปรุงการสร้างรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ (ภาคผนวก ต)

#### 5. ดำเนินการหากลุ่มตัวอย่าง

5.1 การหากลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้มีภาวะอ้วนรุนแรงตามเกณฑ์การคัดเข้าในเขตกรุงเทพมหานครดำเนินการโดยประชาสัมพันธ์โครงการให้กับบุคคลทั่วไปทราบแล้วทำการรับสมัครโดยตามความสมัครใจ ผู้วิจัยได้ให้ข้อมูลคำอธิบาย วัตถุประสงค์ วิธีการที่จะปฏิบัติต่ออาสาสมัคร ประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ฯลฯ ตอบข้อสงสัยจนผู้ที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ และให้เวลาผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

#### 5.2 การหากลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ที่มีน้ำหนักปกติดำเนินการ

ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเข้า และเน้นอายุของผู้ที่มีน้ำหนักปกติที่ตรงหรือใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นโรคอ้วนรุนแรงมากที่สุด โดยประชาสัมพันธ์โครงการให้กับบุคคลทั่วไปและบุคลากรของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทราบแล้วทำการรับสมัครโดยตามความสมัครใจ โดยผู้วิจัยได้ให้ข้อมูลคำอธิบาย วัตถุประสงค์ วิธีการที่จะปฏิบัติต่ออาสาสมัคร ประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ฯลฯ ตอบข้อสงสัยจนผู้ที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ และให้เวลาผู้ช่วยตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

#### 6. ทำการคัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย

6.1 การคัดกรองกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง กลุ่มนี้จะได้รับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และตรวจเช็คระดับน้ำตาลในเลือด ณ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ก่อนเข้าร่วมวิจัย

หากเป็นผู้ที่มีประวัติการรักษาด้วยโรคประจำตัวได้แก่ โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูงจะขอข้อมูลประวัติการรักษาจากแพทย์ประจำตัวเพิ่มเติม โดยในงานวิจัยนี้มีรองศาสตราจารย์ นพ. สุเทพ อุดมแสงทรัพย์ ซึ่งเป็นผู้อำนวยการคลินิกโรคอ้วน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ให้การช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานกับแพทย์ประจำตัวในการขอข้อมูลประวัติการรักษาของผู้เข้าร่วมงานวิจัย และผู้วิจัยทำการขออนุญาตให้ผู้ป่วยเข้าร่วมในงานวิจัยจากแพทย์ประจำตัวของผู้เข้าร่วมวิจัย ตามเกณฑ์การคัดเข้า หลังจากนั้นจะมีการประเมินสุขภาพก่อนออกกำลังกายเพื่อตรวจคัดกรองปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ซึ่งสามารถคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก ง) แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม (ภาคผนวก จ) และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ฉ) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก ง) เป็นการสอบถามถึงประวัติทางสุขภาพเบื้องต้นของคนในครอบครัว และของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป สุขภาพในอดีต ข้อมูลของคนในครอบครัว ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน การประเมินระดับกิจกรรมทางกายเบื้องต้น โดย

ผู้วิจัยเป็นผู้ชักประวัติด้วยตนเอง หากพบปัจจัยเสี่ยงต่างๆ อันอาจจะมีผลต่อการออกกำลังกาย ผู้วิจัย จะทำการพิจารณาร่วมกับแพทย์ผู้ช่วยในโครงการ ซึ่งเป็นแพทย์จากศูนย์คลินิกโรคอ้วน (นายแพทย์ กฤษดา กองสวัสดิ์) ว่าสามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้หรือไม่

2. การประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด (Coronary artery disease risk factors screening) (ภาคผนวก จ) ใช้แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม (FRS) เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยดำเนินการเองในการเก็บข้อมูลต่างๆ แปรเป็นค่าคะแนนความเสี่ยง ได้แก่ ระดับคะแนนจำแนกตามอายุ ระดับคะแนนจำแนกตามค่าโฮเดนซิทีไลโปโปรตีน ระดับคะแนนจำแนกตามความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและสถานะการรักษา รวมคะแนนจากทุกข้อ และนำไปเปรียบเทียบกับตารางความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดระยะ 10 ปี ประเมินโดยใช้ค่าคะแนนรวม หากพบว่าคะแนนรวมอยู่ในระดับความเสี่ยงเกินร้อยละ 10 จะไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้

3. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี) (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) (ภาคผนวก ฉ) มีคำถามทั้งหมด 7 ข้อ เป็นการประเมินร่างกายเบื้องต้นว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยจำเป็นต้องได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่จะเริ่มต้นออกกำลังกายหรือไม่ หากตอบเคยหรือมีเพียง 1 ข้อคำถามจะไม่สามารถร่วม การวิจัยได้

6.2 การคัดกรองกลุ่มที่มีน้ำหนักปกติจะได้รับการคัดกรอง ณ ห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยผู้วิจัยทำการคัดกรอง ด้วยการประเมินสุขภาพก่อนออกกำลังกายเพื่อตรวจคัดกรองปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ซึ่งสามารถคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก ง) แบบ ประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม (ภาคผนวก จ) และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ฉ) เป็นไปตามเกณฑ์เช่นเดียวกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพักโดยการใช้อุปกรณ์วิเคราะห์แก๊ส (Breath by breath cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม็กซ์ (Vmax) รุ่นเอนเคอร์ 29 (Encore 29) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Stationary gas analyzer: Vmax Encore 29 system, Yorba Linda, CA, USA) (ภาคผนวก ง) ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบ และแพทย์ในโครงการ (นายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์) พิจารณากราฟของคลื่นไฟฟ้าหัวใจหากพบว่ามีความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจอาสาสมัครจะไม่สามารถเข้าร่วมในงานวิจัยได้

หลังจากผู้เข้าร่วมงานวิจัยผ่านเกณฑ์การคัดกรองและเกณฑ์การคัดเข้าแล้วผู้วิจัยทำการ แจ้งให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับทราบเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัย จัดสถานที่ให้ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง และการ

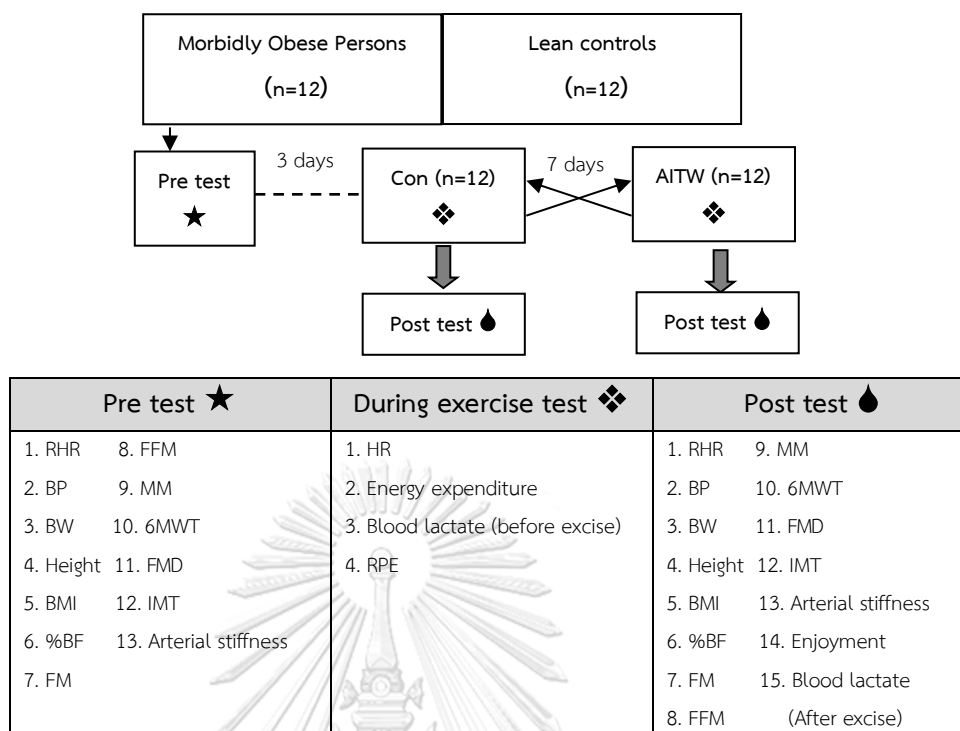


เตรียมตัวก่อนการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย พร้อมลงนามในการแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

7. ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จำนวนทั้งหมด 24 คน (กลุ่มผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรงจำนวน 12 คน และกลุ่มควบคุมผู้ที่มีน้ำหนักปกติจำนวน 12 คน) โดยจับฉลากคัดเลือกเข้ากลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม (ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง) จำนวน 12 คน และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก จำนวน 12 คน ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 24 คน จะได้รับการทดลองแบบไขว้กัน (Crossover design) (รูปที่ 5)

8. ทำการคัดเลือกผู้ช่วยวิจัย 2 คนดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ การเป็นผู้ช่วยเก็บข้อมูล และทดสอบสมรรถภาพทางกาย โดยผู้ช่วยวิจัยคัดเลือกจากนิสิตปริญญาโท ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีความรู้ และมีทักษะการปฏิบัติการในการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ซึ่งจะมีการอบรมมาตรฐานการปฏิบัติงานและเตรียมความพร้อมก่อนดำเนินงานตามโครงการวิจัย

9. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยมาทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 3 ครั้ง (เพื่อความปลอดภัยสถานที่ทดสอบมีการเตรียมเครื่องกระตุ้นหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (Automated External Defibrillator; AED) และแพทย์จากศูนย์คลินิกโรคอ้วน (นายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์) โดยได้รับใบรับรองการจบหลักสูตรการช่วยชีวิตขั้นสูงจากวิทยาลัยศัลยแพทย์แห่งอเมริกา ร่วมกับราชวิทยาลัยศัลยแพทย์แห่งประเทศไทย (ภาคผนวก ท) คอยดูแลช่วยเหลือหากเกิดเหตุฉุกเฉินตลอดเวลาในระหว่างการทดสอบทุกครั้ง โดยมีการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) ก่อน หลังจากนั้นอีก 3 วันเข้ารับการทดสอบออกกำลังกายแบบสลับช่วงและแบบต่อเนื่องหลังจากนั้นอีก 7 วันจึงสลับการทดสอบการออกกำลังกายอีกแบบ (รูปที่ 6) ซึ่งจะมีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ (นายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์) โดยจะมีการลงรายมือชื่อรับทราบเมื่อแพทย์เข้าร่วมการทดลองทุกครั้ง) ผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัย จะเป็นผู้ควบคุมดูแลการทดสอบทุกครั้ง ก่อนการทดสอบทุกครั้งผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องพักผ่อนอย่างน้อย 8 ชั่วโมงและจะทำการทดสอบหลังการรับประทานอาหารแล้วอย่างน้อย 2-3 ชั่วโมง ซึ่งการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง (ปั่นจักรยาน) และการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก จะมีการออกแบบการออกกำลังกายให้มีระยะเวลาของช่วงอบอุ่นร่างกาย ช่วงออกกำลังกาย และช่วงคลายอุ่นร่างกายที่เท่ากัน ซึ่งได้กำหนดให้ช่วงอบอุ่นร่างกายมีระยะเวลา 10 นาที ช่วงออกกำลังกาย 30 นาที และช่วงคลายอุ่นร่างกาย 15 นาที เพื่อควบคุมปริมาณการออกกำลังกายของทั้งสองรูปแบบให้เท่ากัน โดยรายการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้



หมายเหตุ: Con = Continuous exercise training, AITW = Aerobic interval training with weight

## รูปที่ 6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยของการศึกษาที่ 1

9.1 ก่อนการทดลอง (Pre-test) เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยมาถึง ณ สถานที่ทดสอบจะทำการพักเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นจะได้รับการประเมินตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate; RHR) ความดันโลหิตขณะพัก (Blood pressure; BP) และองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ได้แก่ น้ำหนัก (Body weight) ส่วนสูง (Height) ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent of body fat; %BF) มวลไขมัน (Fat mass; FM) มวลน้ำหนักรวมไขมัน (Fat free mass; FFM) และมวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass; MM) และทำการวัดความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจ (Cardiorespiratory endurance) โดยใช้การทดสอบเดิน 6 นาที (6 Minute walk test; 6MWT) ด้านการทำงานของหลอดเลือด ได้แก่ การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเลือด (Flow-mediated dilation; FMD) ความแข็งของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-media Thickness; IMT) ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 90 นาที

## วิธีการทดสอบแต่ละตัวแปรมีดังนี้

### 1. ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่

1.1 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (ครั้ง/นาที) และความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที จึงทำการวัดอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) ส่วน ความดันโลหิตขณะพัก ทำการวัดค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) ในท่านั่งขณะพัก โดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก (Blood pressure monitors) ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมป (GE Dinamap) รุ่น แคร้สเคบ วี 100 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 10 นาที

1.2 องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ได้แก่ น้ำหนัก (Body weight) ส่วนสูง (Height) ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent of body fat; %BF) มวลไขมัน (Fat mass; FM) มวลน้ำหนักร่างกายไม่รวมไขมัน (Fat free mass; FFM) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass; MM) ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวัดโดยใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Dual energy X-ray absorptiometry; DEXA) ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 10 นาที

1.3 ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจ (Cardiorespiratory endurance) ใช้การทดสอบด้วยการเดิน 6 นาที (6 Minute walk test; 6MWT) ทำการทดสอบโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกาย 3 นาทีก่อนการทดสอบและคลายอบอุ่นร่างกายหลังการทดสอบ 3 นาทีด้วยการเดินช้า ช่วงการทดสอบด้วยการเดินในเวลา 6 นาที ให้เดินเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยผู้วิจัยมีการเตรียมระยะทางเดิน 20 เมตร กำหนดจุดกลับตัวเพื่อเดินไปและกลับวางกรวยระยะห่างกันทุก 2 เมตรเพื่อกำหนดระยะทาง ก่อนการทดสอบ และหลังการทดสอบนาทีที่ 1, 3 และ 5 ผู้วิจัยจะมีการจดบันทึกอัตราการเต้นหัวใจ อัตราการหายใจ ความดันโลหิตและระดับความเหนื่อย และขณะเดินผู้วิจัยมีการจดบันทึกอัตราการเต้นหัวใจและระดับความเหนื่อยทุก 1 นาที (Donini, L. M. et al., 2013) จากนั้นนำระยะทางการเดินใน 6 นาทีที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินได้มาคำนวณในสูตรการหาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ใช้เวลาทำการทดสอบประมาณคนละ 20 นาที ดังนี้

$$VO_2 \max = 70.161 + (0.023 \times 6 \text{ MWT}) - (0.276 \times \text{weight}) - (6.79 \times \text{sex, when m=0, f=1}) - (0.193 \times \text{RHR}) - (0.191 \times \text{age})$$

โดย	VO <sub>2</sub> max	คือ	อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)
	6 MWT	คือ	ระยะทางที่เดินได้ใน 6 นาที (เมตร)
	Weight	คือ	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)
	RHR	คือ	ชีพจรขณะพัก (ครั้ง/นาที)
	Age	คือ	อายุ (ปี) (Burr et al., 2011)

## 2. ตัวตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ได้แก่

2.1 การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediate dilatation; FMD) วัดโดยการใช้เครื่องอัลตราซาวด์ ทำการวัดการขยายตัวสูงสุดของหลอดเลือดคลายตัวขณะพัก ขณะหลอดเลือดหดตัว เมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเลือด ขณะหลอดเลือดขยายตัว หลังเปิดการปิดกั้นการไหลของเลือด และขณะหลอดเลือดกลับสู่ภาวะปกติหลังการปิดกั้นการไหลของเลือด โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงาย พัก 15-20 นาที ใช้แถบผ้าพัน (Cuff) ของเครื่องวัดความดันโลหิตรัดบริเวณแขนท่อนล่าง ทำการอัลตราซาวด์หลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อพับแขนด้านหน้า (Brachial artery) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดขณะพักเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นบีบแรงดันในเครื่องวัดความดันโลหิตเหนือความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว 50 มิลลิเมตรปรอท ค้างไว้ 5 นาที ซึ่งเป็นการทำให้เกิดการขาดเลือดในช่วงสั้น ๆ วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดขณะถูกปิดกั้น จากนั้นปล่อยแรงดันออกจนหมดคลายการบีบของเครื่องวัดความดันโลหิต จะกระตุ้นให้หลอดเลือดขยายตัว วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดหลังถูกปิดกั้นเป็นเวลา 5 นาที คำนวณจากสูตร (Naidu et al., 2011) ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 30 นาที

$$\%FMD = [(D2-D1)/D1] \times 100$$

เมื่อ D1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดก่อนการปิดกั้นการไหลของเลือดขณะพัก หน่วยเป็นมิลลิเมตร  
เมื่อ D2 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดของหลอดเลือดก่อนการปิดกั้นการไหลของเลือดขณะพัก หน่วยเป็นมิลลิเมตร

2.2 ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-media thickness; IMT) วัดโดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์บริเวณหลอดเลือดแดงของลำคอด้านข้าง (Common carotid artery) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงาย เอียงศีรษะไปทางซ้าย 45 องศา ทำการอัลตราซาวด์หลอดเลือดแดงของลำคอด้านขวา วัดความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นในด้านไกล (Far wall) (Meyer et al., 2006) แล้วเข้าโปรแกรมคิวแลป (QLAB) คำนวณหาความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นใน ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 10 นาที

2.3 ความแข็งของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) เป็นการวัดความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า วัดโดยใช้เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (Non-invasive vascular screening device) โดยวัดเวลาที่แตกต่างกันของการสูบน้ำเลือด (Brachial-ankle time delay) ที่หลอดเลือดบริเวณต้นแขน (Brachial artery) และหลอดเลือดบริเวณข้อเท้า (Posterior tibial artery) จากนั้นวัดความยาวจากจุดที่วัดทั้งสองจุด เพื่อตรวจวัดความยืดหยุ่นของเส้นเลือดแดง หรือการแข็งตัวของหลอดเลือด ทำการคำนวณหาความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง (Brachial-ankle pulse wave velocity: baPWV) จากสูตรดังต่อไปนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 10 นาที

$$\text{baPWV (cm/sec)} = \text{Length} / \text{Brachial-ankle time delay}$$

เมื่อ Length คือ ความยาวระหว่างจุดที่วัดบริเวณต้นแขนและข้อเท้า หน่วยเป็นเซนติเมตร

Brachial-ankle time delay คือ เวลาที่แตกต่างกันของการสูบฉีดเลือด หน่วยเป็นวินาที (Sugawara et al., 2005)

## 9.2 ระหว่างออกกำลังกาย (During exercise test)

9.2.1 กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง (Continuous exercise training) หรือกลุ่มควบคุมจะได้รับการปั่นจักรยาน (มีพนักงาน) ด้วยความหนักปานกลาง (50-60% HRR) (Mitranun et al., 2014) เป็นเวลา 30 นาทีอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มควบคุมจะทำการอบอุ่นร่างกายก่อนออกกำลังกาย 10 นาทีที่ความหนัก 40-45% HRR และเมื่อจบการออกกำลังกายจะต้องทำการคลายอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานต่อ 5 นาทีที่ความหนักเบา แล้วลงมายืดเหยียดกล้ามเนื้อ ขา หลัง สะโพก และลำตัว 10 นาที

9.2.2 กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก จะได้รับการควบคุมปริมาณของการออกกำลังกายโดยมีช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ช่วงคลายอุ่นร่างกาย 15 นาที และมีช่วงออกกำลังกาย 30 นาทีเท่ากันกับกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ตามโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักดังรายละเอียดต่อไปนี้

### โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสำหรับผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรง

ประกอบด้วย 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงอบอุ่นร่างกาย ช่วงออกกำลังกาย และช่วงคลายอุ่นร่างกาย ผู้วิจัยได้กำหนดอัตราการเต้นหัวใจให้เป็นไปตามโปรแกรมการออกกำลังกายที่กำหนดไว้ด้วยการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (Heart rate reserve, HRR) มีสูตรการคำนวณดังนี้

อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง = [(อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด-อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก) x %ความหนักของการออกกำลังกายที่ต้องการ] + อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก

โดยที่ อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด = 220-อายุ (ดร.ณรรณ สุขสม, 2561)

**ช่วงอบอุ่นร่างกาย** เป็นการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ระดับความหนักต่ำที่ 40-55% HRR มีทำดังนี้

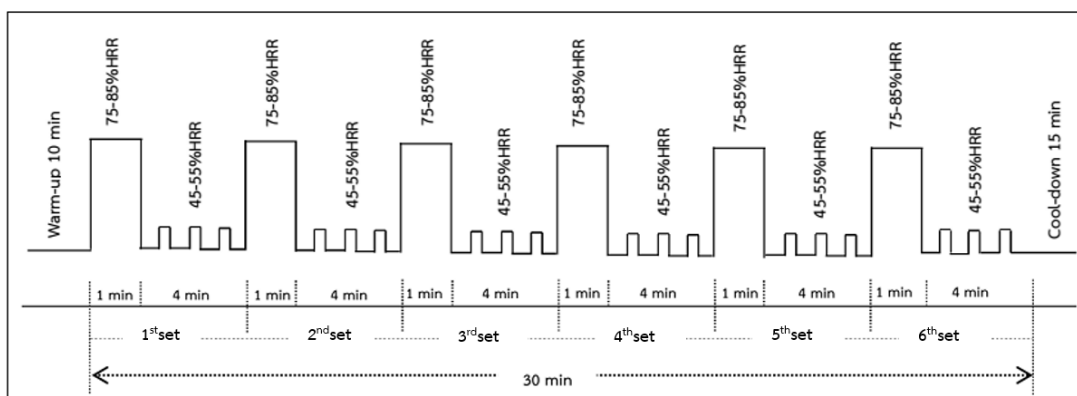
- 1) ท่ามาชชิง (Marching) 1 นาที
- 2) ท่าเลคเคิล (Leg curl) 1 นาที
- 3) ท่าฮายนี่ (High knee) 1 นาที
- 4) ท่าโชว์เดอร์โรเทชั่นร่วมกับไซด์แทป (Shoulder rotation + Side tap) 1 นาที
- 5) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน
- 6) ยืดเหยียดต้นแขนด้านหน้า

- 7) ยึดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่
- 8) ยึดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลังด้านล่าง
- 9) ยึดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา
- 10) ยึดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง

### ช่วงออกกำลังกาย

กำหนดให้ออกกำลังกายแบบสลับช่วงความหนักสูงกับเบาอัตราส่วน 1:4 ประกอบด้วย ออกกำลังกายช่วงความหนักสูง (High intensity) ที่ 75-85% HRR 1 นาทีสลับกับช่วงความหนักเบา (Low intensity) ที่ 45-55 % HRR 4 นาที ทำทั้งหมด 6 รอบ รวมทั้งหมด 30 นาทีต่อวัน มีการใช้ดัมเบล (Dumbbell) และเครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome) ร่วมในการออกกำลังกายแต่ละท่า แต่ละรอบมีท่าออกกำลังกายดังนี้

- |          |                 |   |
|----------|-----------------|---|
| รอบที่ 1 | ช่วงความหนักสูง | : ทำเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl +Chest press)  |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าซีตเทต เลคเอ็กซ์เทนชัน (Seated leg extension) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที                |
| รอบที่ 2 | ช่วงความหนักสูง | : ทำฮายนีย์ร่วมกับท่าโชวเดอร์เพรส (High knee +Shoulder press)   |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าไบเซ็ปส์เคิล (Biceps curl) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที                                   |
| รอบที่ 3 | ช่วงความหนักสูง | : ทำเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)  |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าซิงเกิ้ล นี้อัพ (Single knee up) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที                             |
| รอบที่ 4 | ช่วงความหนักสูง | : ทำเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl +Chest press)  |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าโอเวอร์เฮดไตรเซ็ปส์เอ็กซ์เทนชัน (Overhead triceps extension) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที |
| รอบที่ 5 | ช่วงความหนักสูง | : ทำฮายนีย์ร่วมกับท่าโชวเดอร์เพรส (High knee +Shoulder press)   |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าวันเลค คิคแบ็ค (One leg kickback) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที                            |
| รอบที่ 6 | ช่วงความหนักสูง | : ทำเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)  |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าซีตเทต โรว (Seated row) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที                                      |



รูปที่ 7 แสดงการออกกำลังกายแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก (Aerobic interval training with weight) ช่วงเริ่มต้นฝึกออกกำลังกาย

**ช่วงคลายอุ่นร่างกาย** เป็นการคลายอุ่นร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) ให้ความหนักต่ำกว่าหรือเท่ากับ 40%HRR ภายในเวลา 15 นาที โดยแต่ละท่าทำค้างไว้ 30 วินาที ทำซ้ำ 2 รอบ โดยทำการยืดเหยียดบนเก้าอี้ประกอบด้วยท่าดังนี้

- 1) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน
- 2) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า
- 3) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง
- 4) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่
- 5) ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออก
- 6) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังด้านบน
- 7) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัว
- 8) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลังส่วนล่าง
- 9) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา
- 10) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง

ซึ่งโปรแกรมออกกำลังกายแบบสลับช่วงได้ทำการทดสอบออกกำลังกาย (Pilot study) ในผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรงจำนวน 2 คน ได้ผลการทดสอบออกกำลังกายในภาคผนวก ก

การกำหนดความหนักระหว่างการออกกำลังกายทั้ง 2 กลุ่มจะใช้เกณฑ์การคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (Heart rate reserve, HRR) โดยคำนวณอัตราการเต้นหัวใจระหว่างการออกกำลังกายเฉพาะแต่ละคนตามโปรแกรมการออกกำลังกายที่ได้กล่าวไว้เบื้องต้น ซึ่งอัตราการเต้นหัวใจจะควบคุมด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจยี่ห้อโพล่าเอช 10 (Polar H 10) โดยจะมีการสวมใส่ไว้ได้รอบอกตลอดเวลาที่ทำการออกกำลังกาย

ผู้วิจัยทำการแจ้งข้อปฏิบัติในการออกกำลังกาย ข้อควรระวังและความเสี่ยงในขณะที่ฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงให้กับผู้เข้าร่วมงานวิจัยดังนี้

1. ข้อปฏิบัติในการออกกำลังกาย

- 1.1 ควรดื่มน้ำเปล่าเล็กน้อยก่อนออกกำลังกาย
- 1.2 ควรสวมเสื้อผ้าออกกำลังกายที่มีอากาศเวียนได้สะดวก และไม่อึดอัด
- 1.3 ควรสวมรองเท้าออกกำลังกายที่รู้สึกสบายและมีความนุ่มที่เหมาะสม
- 1.4 ออกกำลังกายในสถานที่ที่มีอุณหภูมิระดับอุณหภูมิห้อง และมั่นใจว่าไม่ทำให้เกิด

อาการสูญเสียเหงื่อมากจากอากาศร้อน

1.5 ตรวจสอบสัญญาณชีพด้วยการวัดความดันโลหิตก่อนการออกกำลังกาย และสวมใส่เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทุกครั้งที่ออกกำลังกาย ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานร่วมควรตรวจระดับน้ำตาลก่อนและหลังการออกกำลังกาย

1.6 ควรมีเพื่อนร่วมออกกำลังกายหรือมีคนใกล้ชิดอยู่ด้วย

2. ข้อควรระวังและความเสี่ยงในขณะที่ฝึกออกกำลังกาย

2.1 อาการเตือนภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ ได้แก่ มีอาการสั่น ผิวหนังซึด เหงื่อออกมาก ผิดปกติ เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ รู้สึกเสียวบริเวณรอบปาก เป็นต้น

2.2 อาการเตือนภาวะคีโตซิส ได้แก่ มีอาการปากแห้ง หัวใจเต้นเร็ว คลื่นไส้ หรือ อาเจียน เป็นต้น

2.3 อาการเตือนภาวะขาดเลือด ได้แก่ แขนหน้าอก ปวดอก คอ ขากรรไกร แขน และบริเวณอื่นๆ

2.4 มีอาการหายใจถี่ หายใจลำบาก เหนื่อยผิดปกติ และรู้สึกจะเป็นลม

2.5 อัตราการเต้นหัวใจผิดปกติ หัวใจเต้นช้าลงหรือเต้นเร็วผิดปกติขณะออกกำลังกาย

2.6 เจ็บกล้ามเนื้อ เหนื่อยล้าที่สุด

2.7 มีอาการมึนงง ตาพร่ามัว รู้สึกเสียวซ่าในมือหรือเท้า

หากพบอาการเหล่านี้ให้แจ้งกับผู้วิจัย พร้อมหยุดออกกำลังกาย และรีบไปพบแพทย์ (Obesity 2; Samannaaz S. et al., 2016 & ACSM, 2014)

โดยที่ระหว่างออกกำลังกายจะมีการประเมินตัวแปรทั้ง 2 กลุ่มเหมือนกัน ดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรการตอบสนองด้านสรีรวิทยา (Acute physiological responses) ได้แก่

1.1 อัตราการเต้นหัวใจระหว่างการออกกำลังกาย วัดจากนาฬิกาอัตราการเต้นหัวใจยี่ห้อโพล่าเอช 10 (Polar H 10) โดยจะมีการบันทึกอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกายในแอปพลิเคชันโพล่าบีท (Polar beat application) ตลอดเวลาของการออกกำลังกายรวมถึงช่วง



อบอุ่นร่างกายและการคลายอุ่นร่างกาย ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องสวมใส่อุปกรณ์นี้ตลอดเวลาเมื่อทำการทดสอบการออกกำลังกาย

1.2 ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (Blood lactate concentration) จะดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดที่ปลายนิ้ว (ก่อนออกกำลังกาย) การคำนวณค่าแลคเตทในเลือด มีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อลิตร โดยประเมินค่าความเข้มข้นของแลคเตทด้วยเครื่องวิเคราะห์แลคเตท (Lactate Analyzer) ยี่ห้ออานาล็อกซ์ รุ่น พี-แอลเอ็ม 5 (P-LM 5) ประเทศอังกฤษ ซึ่งผู้วิจัยทำการเจาะด้วยตัวเองโดยใช้เข็มเจาะเลือดปลายนิ้วในการเก็บตัวอย่างเลือด

2. ตัวแปรการตอบสนองด้านการใช้พลังงาน (Energy expenditure) วัดจากนาฬิกาวัดอัตราการเต้นหัวใจยี่ห้อโพล่าเอช 10 (Polar H 10) โดยจะมีการบันทึกการตอบสนองต่อการใช้พลังงานขณะออกกำลังกายในแอปพลิเคชันโพล่าบีท (Polar beat application) ตลอดเวลาของการออกกำลังกายรวมถึงช่วงอบอุ่นร่างกายและการคลายอุ่นร่างกาย ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องสวมใส่อุปกรณ์นี้ตลอดเวลาเมื่อทำการทดสอบการออกกำลังกายโดยมีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี

3. มีการสอบถามระดับความเหนื่อยทุก 5 นาทีโดยใช้บอร์กสเกล 6 ถึง 20 (6 to 20 Borg scale) (Borg G.A., 1982)

ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 70 นาที

9.3 หลังการทดลอง (Post-test) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนจะได้รับการประเมินตัวแปรหลังจากออกกำลังกายภายใน 5 นาที โดยจะได้รับการประเมินตัวแปรเช่นเดียวกันกับก่อนการทดลอง (วิธีการเก็บข้อมูลดูได้จากข้อ 9.1) แต่เพิ่มตัวแปรตอบสนองทางสรีรวิทยาอีก 1 ตัวแปรคือความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (วิธีการเก็บข้อมูลดูได้จากข้อ 9.2.2 ข้อย่อยข้อ 1.2) และตัวแปรตอบสนองทางด้านจิตวิทยาเพิ่มการประเมินความสนุกสนานของโปรแกรมการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสอบถามผู้เข้าร่วมงานวิจัยด้วยตนเอง โดยมีระดับ 5 ระดับ ซึ่งมีข้อความว่า “คุณสนุกกับโปรแกรมฝึกออกกำลังกายมากน้อยแค่ไหน” คำตอบมีตั้งแต่ 1 คะแนน คือ ไม่สนุกเลย ถึง 5 คะแนน คือ มีความสนุกมากที่สุด ดัดแปลงจากแบบประเมินความสนุกสนานของโรเจอร์และคณะ (Rogers L. Q., 2011)

ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 90 นาที

10. นำข้อมูลของตัวแปรที่ได้ก่อน ระหว่าง และหลังการออกกำลังกายแต่ละครั้งมาเปรียบเทียบด้วยวิธีทางสถิติ

### การวิเคราะห์ข้อมูลของการศึกษาที่ 1

1. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS version 23)
2. นำผลที่ได้วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

3. ทดสอบการแจกแจงเป็นแบบปกติ (Normality) ของตัวแปรตาม โดยใช้วิธีการทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two way ANOVA repeated measurement (2x3)) ถ้าแต่ละกลุ่มแตกต่างกันจะใช้การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี LSD ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**การศึกษาที่ 2** มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และเปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่โครงการ 096.1/63 (ภาคผนวก ก) และผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการลงนามในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (ภาคผนวก ข) ทุกคน

### กลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครเป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 26 คน โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้โปรแกรมจี-พาวเวอร์ (G\*Power) เวอร์ชัน 3.1.9.2 (Faul et al., 2007) โดยใช้ตัวแปรดัชนีมวลกายแซด สกอร์ (Body mass index-Z-score) อ้างอิงจากงานวิจัย ของ เรซิล และคณะ (Racil et al., 2016) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 และค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.57 กำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ดังภาคผนวก ฅ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน รวมเป็น 30 คนมีโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม (ภาคผนวก ค) ดังนี้

1. กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI =  $18.5-22.9 \text{ kg/m}^2$ ) จำนวน 15 คน

2. กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกาย (Body mass index; BMI มากกว่าหรือเท่ากับ  $37.5 \text{ กิโลกรัม/เมตร}^2 \text{ kg/m}^2$ ) จำนวน 15 คน

ทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก

### การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม

ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยให้อายุของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจะมีค่าใกล้เคียงกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ( $\pm 3$  ปี) และมีเพศเดียวกัน

โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกและคัดออกดังนี้

### กลุ่มผู้มีน้ำหนักปกติ

#### เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. เป็นเพศหญิงหรือเพศชายอายุระหว่าง 18-50 ปี ที่มีน้ำหนักปกติซึ่งมีค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>
2. ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (ไม่มีการออกกำลังกายในระดับปานกลาง จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ และต่อเนื่องตลอด 3 เดือนที่ผ่านมา)
3. ไม่เป็นโรคดังต่อไปนี้ 1) โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ 2) โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ 3) โรคหลอดเลือดหัวใจ 4) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และ 5) โรคเกี่ยวกับระบบกระดูกกล้ามเนื้อ
4. ผ่านการคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก ก) แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดพรามิ้งแฮม (ภาคผนวก ข) แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ค) และการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก
5. ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการลดน้ำหนัก
6. มีความสมัครใจเข้าร่วมในงานวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

#### เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
2. ต้องการออกจากงานวิจัย
3. เข้าร่วมการออกกำลังกายไม่ถึงร้อยละ 80 ของช่วงระยะเวลาการฝึก โดยตรวจสอบจากการส่งข้อมูลการฝึกทางแอปพลิเคชันไลน์ และการโทรศัพท์สอบถาม (48 ครั้ง จาก 60 ครั้ง)

### กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

#### เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. เป็นเพศหญิงหรือเพศชายอายุระหว่าง 18-50 ปี ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงซึ่งมีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>
2. ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (ไม่มีการออกกำลังกายในระดับปานกลาง จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ และต่อเนื่องตลอด 3 เดือนที่ผ่านมา)
3. ไม่เป็นโรคดังต่อไปนี้

1) โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ (ค่าระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c)  $\geq$  10% และระดับน้ำตาลในเลือด  $\geq$  200 mg/dL)

2) โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ (ความดันโลหิต  $\geq$  140/90 mmHg)

3) โรคหลอดเลือดหัวใจทุกกรณี

4) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และ

5) โรคเกี่ยวกับระบบกระดูกกล้ามเนื้อที่ไม่สามารถออกกำลังกายได้

4. ผ่านการคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก ก) แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดพหุปัจจัย (ภาคผนวก ข) และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ค)

5. ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการลดน้ำหนัก

6. ได้รับความยินยอมจากแพทย์ผู้วินิจฉัยโรคที่เกี่ยวข้องกับการมีภาวะอ้วนรุนแรง เช่น การตรวจโรคเกี่ยวกับระบบหลอดเลือดและหัวใจ โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น (ในผู้ที่ไม่เคยเข้ารับการตรวจสุขภาพ) หรือแพทย์ประจำตัว (ในผู้ที่เป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือโรคความดันโลหิตสูงอยู่แล้ว) ให้เข้าร่วมโครงการวิจัย

7. มีความสมัครใจเข้าร่วมในงานวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ต้องการออกจากงานวิจัย

3. สำหรับกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย เข้าร่วมการออกกำลังกายไม่ถึงร้อยละ 80 ของช่วงระยะเวลาการฝึก โดยตรวจสอบจากการส่งข้อมูลการฝึกทางแอปพลิเคชัน และการโทรศัพท์สอบถาม (48 ครั้ง จาก 60 ครั้ง)

### **ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย**

1. ทบทวนผลการศึกษาที่ 1 เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาที่ 2

2. นำโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักจากการศึกษาที่ 1 มาใช้ในการศึกษาที่ 2 ซึ่งโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในการศึกษาที่ 2 ประกอบด้วย 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงอบอุ่นร่างกาย ช่วงออกกำลังกาย และช่วงคลายอุ่นร่างกาย มีระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 12 สัปดาห์ ทำการฝึก 5 วันต่อสัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะการฝึกดังนี้ ระยะที่ 1 สัปดาห์ที่ 1-6 (โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักช่วงเริ่มต้นฝึกออกกำลังกาย) และ ระยะที่ 2 สัปดาห์ที่ 7-12 (โปรแกรมการฝึกออก

กำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักช่วงร่างกายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น) ซึ่งกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก จะได้รับการฝึกออกกำลังกายกับผู้ทำการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมในการฝึกท่าการออกกำลังกาย และจังหวะการออกกำลังกาย ก่อน 1 อาทิตย์ เป็นจำนวนทั้งหมด 3 ครั้ง ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึก จุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการออกกำลังกายตามโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ได้แก่ การตรวจสอบอัตราการเต้นหัวใจ การตรวจสอบสัญญาณเสี่ยงต่อการออกกำลังกาย เช่น มีอาการวิงเวียนศีรษะ หน้ามืด มึนงง แน่นหน้าอก หายใจไม่ทัน เป็นต้น (หากพบว่ามีความเสี่ยงสูงต่อการออกกำลังกายจะถูกคัดออก) โดยมีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเข้าร่วมในการประเมิน (นายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์) ก่อนนำโปรแกรมการออกกำลังกายไปฝึกที่บ้านด้วยตนเอง (เพื่อความปลอดภัยสถานที่ทดสอบมีการเตรียมเครื่องกระตุ้นหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (Automted External Defibrillator; AED) และทีมแพทย์จากศูนย์คลินิกโรค อ้วนคอยดูแลช่วยเหลือหากเกิดเหตุฉุกเฉินตลอดเวลาในระหว่างการทดสอบทุกครั้ง) มีการกำหนดความหนักของโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักให้เฉพาะรายบุคคล (ตามความสามารถในการออกกำลังกายของแต่ละบุคคล) ซึ่งขณะที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยนำโปรแกรมการออกกำลังกายไปใช้ที่บ้านจะมีเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจยี่ห้อ โพล่า เอช 10 ไปใช้ในขณะออกกำลังกายเพื่อควบคุมอัตราการเต้นหัวใจให้ถึงเป้าหมายตามโปรแกรมที่วางไว้เพื่อสามารถนำมารายงานผลการออกกำลังกายหลังออกกำลังกายให้กับผู้วิจัยตรวจสอบได้ โดยโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่ได้จาก ภาคผนวก ฎ (ได้รับการตรวจความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านจากการศึกษาที่ 1 ) และผู้วิจัยทำการแจ้งข้อปฏิบัติในการออกกำลังกาย ข้อควรระวังและความเสี่ยงในขณะฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงให้กับผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม เช่นเดียวกันกับการศึกษาที่ 1 (ดูได้จากหน้า 57 หัวข้อข้อปฏิบัติในการออกกำลังกาย)

**ตารางที่ 3** โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก (Aerobic interval training with weight) ของกลุ่มตัวอย่าง

	Weeks 1-6	Weeks 7-12
Training programs	Warm-up (40-45%HRR) 10 min AITW = 6 sets x 1 min (75-85%HRR)/rest 4 min (45-55%HRR) 30 min/day Cool-down 15 min	Warm-up (40%-45HRR) 10 min AITW = 8 sets x 1 min (75-85%HRR)/rest 4 min (45-55%HRR) 40 min/day Cool-down 15 min

หมายเหตุ: AITW = Aerobic interval training with weight

3. ทำการคัดเลือกผู้ช่วยวิจัย 2 คนดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ การเป็นผู้ช่วยเก็บข้อมูล และทดสอบสมรรถภาพทางกาย โดยผู้ช่วยวิจัยคัดเลือกจากนิสิตปริญญาโท ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีความรู้ และมีทักษะการปฏิบัติการในการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ซึ่งจะมีการอบรมมาตรฐานการปฏิบัติงานและเตรียมความพร้อมก่อนดำเนินงานตามโครงการวิจัย

#### 4. ดำเนินการหากกลุ่มตัวอย่าง

##### 4.1 การดำเนินการหากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้มีภาวะอ้วนรุนแรง

ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าในเขตกรุงเทพมหานคร โดยประชาสัมพันธ์โครงการให้กับบุคคลทั่วไปทราบ โดยมีผู้ช่วยวิจัยในการช่วยประชาสัมพันธ์ ด้วยการ แจกใบปลิว และการพูดประชาสัมพันธ์ (ผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้มีส่วนร่วมในการทำวิจัยร่วมกัน) แล้วทำการรับสมัครโดยตามความสมัครใจ โดยผู้วิจัยได้ให้ข้อมูลคำอธิบาย วัตถุประสงค์ วิธีการที่จะปฏิบัติต่ออาสาสมัคร ประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ฯลฯ ตอบข้อสงสัยจนผู้ที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ และใช้เวลาผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงตัดสินใจโดยอิสระก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

##### 4.2 การดำเนินการหากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้มีน้ำหนักปกติ

ผู้วิจัยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเลือก และเน้นอายุของผู้ที่มีน้ำหนักปกติที่ตรงหรือใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นโรคอ้วนรุนแรงที่อยู่ในกลุ่มทดลอง (ได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก) มากที่สุด โดยผู้วิจัยทำการประชาสัมพันธ์โครงการวิจัย ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีผู้ช่วยวิจัยในการช่วยประชาสัมพันธ์ให้กับบุคคลทั่วไปในคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทราบ ด้วยการติดโปสเตอร์ประกาศ แจกใบปลิว และการพูดประชาสัมพันธ์ (ผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้มีส่วนร่วมในการทำวิจัยร่วมกัน) แล้วทำการรับสมัครโดยตามความสมัครใจ โดยผู้วิจัยได้ให้ข้อมูลคำอธิบาย วัตถุประสงค์ วิธีการที่จะปฏิบัติต่ออาสาสมัคร ประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ฯลฯ ตอบข้อสงสัยจนผู้ที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ และใช้เวลาตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

#### 5. ทำการคัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย

##### 5.1 การคัดกรองกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

กลุ่มนี้จะได้รับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และตรวจเช็คระดับน้ำตาลในเลือด ณ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ก่อนเข้าร่วมวิจัย

หากเป็นผู้ที่มีประวัติการรักษาด้วยโรคประจำตัวได้แก่ โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูงจะขอข้อมูลประวัติการรักษาจากแพทย์ประจำตัวเพิ่มเติม โดยในงานวิจัยนี้มีรองศาสตราจารย์ นพ.สุเทพ อุดมแสงทรัพย์ ซึ่งเป็นผู้อำนวยการคลินิกโรคอ้วน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ให้การช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานกับแพทย์ประจำตัวในการขอข้อมูลประวัติการรักษาจากแพทย์ประจำตัวของผู้เข้าร่วมงานวิจัย และผู้วิจัยทำการขออนุญาตให้ผู้ป่วยเข้าร่วมในงานวิจัยจากแพทย์ประจำตัวของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ตามเกณฑ์การคัดเข้า หลังจากนั้นจะมีการประเมินสุขภาพก่อนออกกำลังกายเพื่อตรวจคัดกรองปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ซึ่งสามารถคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก ง) แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม (ภาคผนวก จ) และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ฉ) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามประวัติสุขภาพ เป็นการสอบถามถึงประวัติทางสุขภาพเบื้องต้นของคนในครอบครัว และของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป สุขภาพในอดีต ข้อมูลของคนในครอบครัว ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน การประเมินระดับกิจกรรมทางกายเบื้องต้น โดยผู้วิจัยเป็นผู้ซักประวัติด้วยตนเอง หากพบปัจจัยเสี่ยงต่างๆ อันอาจจะมีผลต่อการออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะทำการพิจารณาร่วมกับแพทย์ผู้ช่วยในโครงการ ซึ่งเป็นแพทย์จากศูนย์คลินิกโรคอ้วน (นายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์) ว่าสามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้หรือไม่

2. การประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด (Coronary artery disease risk factors screening) ใช้แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม (FRS) เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยดำเนินการเองในการเก็บข้อมูลต่างๆ แปรเป็นค่าคะแนนความเสี่ยง ได้แก่ ระดับคะแนนจำแนกตามอายุ ระดับคะแนนจำแนกตามค่าโฮเดนซิทีไลโปโปรตีน ระดับคะแนนจำแนกตามความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและสถานะการรักษา รวมคะแนนจากทุกข้อและนำไปเปรียบเทียบกับตารางความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดระยะ 10 ปี ประเมินโดยใช้ค่าคะแนนรวม หากพบว่าคะแนนรวมอยู่ในระดับความเสี่ยงเกินร้อยละ 10 จะไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้

3. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี) (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) มีคำถามทั้งหมด 7 ข้อ เป็นการประเมินร่างกายเบื้องต้นว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยจำเป็นต้องได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่จะเริ่มต้นออกกำลังกายหรือไม่ หากตอบเคยหรือมีเพียง 1 ข้อคำถามจะไม่สามารถร่วมการวิจัยได้

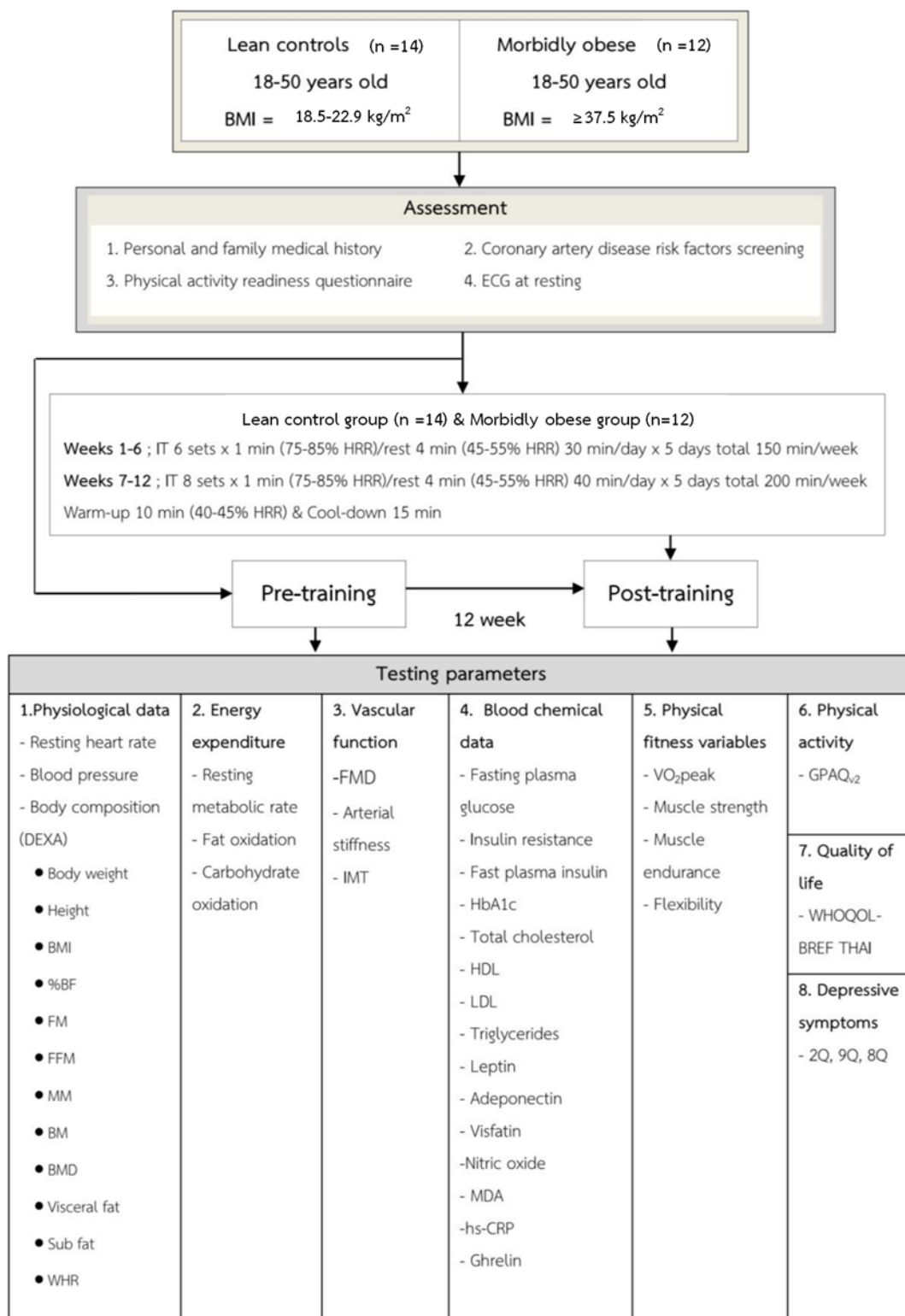
5.2 การคัดกรองกลุ่มที่มีน้ำหนักปกติจะได้รับการคัดกรอง ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยผู้วิจัยทำการคัดกรองด้วยการประเมินสุขภาพก่อนออกกำลังกายเพื่อตรวจคัดกรองปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ซึ่งสามารถคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก ง) แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม (ภาคผนวก จ) และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ฉ) เป็นไปตามเกณฑ์เช่นเดียวกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

และตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพักโดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Breath by breath cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม็กซ์ (Vmax) รุ่นเอนเคอร์ 29 (Encore 29) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Stationary gas analyzer: Vmax Encore 29 system, Yorba Linda, CA, USA) (ภาคผนวก ง) ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบ และแพทย์ในโครงการ (นายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์) พิจารณารายผลของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ หากพบว่ามีความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจอาสาสมัครจะไม่สามารถเข้าร่วมในงานวิจัยได้

หลังจากผู้เข้าร่วมงานวิจัยผ่านเกณฑ์การคัดกรองและเกณฑ์การคัดเข้าแล้วผู้วิจัยทำการแจ้งให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับทราบเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยจัดสถานที่ให้ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่ได้รับการออกกำลังกาย และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย โดยกลุ่มที่ไม่ได้รับการออกกำลังกายจะได้รับความรู้แนวทางการออกกำลังกายและโภชนาการที่เหมาะสมกับร่างกาย ส่วนกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายที่จะได้รับความรู้และประโยชน์จากการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง และการเตรียมตัวก่อนการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย มีการแจ้งการแต่งกายในวันเข้ารับการทดสอบก่อนทดลองและหลังทดลอง โดยให้สวมชุดออกกำลังกายทุกครั้งในการเข้ารับการทดสอบร่างกาย ในกลุ่มทดลองที่ได้รับการออกกำลังกายที่บ้านจะแจ้งการแต่งกายที่เหมาะสมต่อการออกกำลังกาย และข้อควรระวังที่อาจเกิดขึ้นในขณะออกกำลังกายอย่างชัดเจน พร้อมลงนามในการแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

6. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้ทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ทั้งนี้จะมีการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักทั้งหมด 12 สัปดาห์ (แสดงในรูปที่ 8) มีรายละเอียดดังนี้





รูปที่ 8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

7. ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายและเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ โดยมีแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย (ภาคผนวก ข) ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณะสหเวชศาสตร์จุฬาลงกรณ์ โดยสถานที่ทดสอบมีการเตรียมเครื่องกระตุ้นหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (Automated External Defibrillator; AED) และทีมแพทย์จากศูนย์คลินิกโรคอ้วนคอยดูแลช่วยเหลือหากเกิดเหตุฉุกเฉินตลอดเวลาในระหว่างการทดสอบทุกครั้งเพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ก่อนการฝึกออกกำลังกาย และหลังการฝึกออกกำลังกาย ดังตัวแปรต่อไปนี้

### 1. ตัวแปรทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย

1.1 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (ครั้ง/นาที) และความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที จึงทำการวัดอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) ส่วน ความดันโลหิตขณะพัก ทำการวัดค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) ในท่านั่งขณะพัก โดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิทัลขณะพัก (Blood pressure monitors) ยี่ห้อ จีอีไดนาแมบ (GE Dinamap) รุ่น แครสเคบ วี 100 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

1.2 องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ได้แก่ น้ำหนัก (Body weight) ส่วนสูง (Height) ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent of body fat; %BF) มวลไขมัน (Fat mass; FM) มวลน้ำหนักตัวไม่รวมไขมัน (Fat free mass; FFM) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass; MM) มวลกระดูก (Bone mass; BM) ความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) ไขมันในช่องท้อง (Visceral fat) ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณท้อง (Subcutaneous abdominal fat) สัดส่วนรอบเอว-สะโพก (Waist-hip ratio) ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวัดโดยใช้เครื่อง Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) ในการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยทำการทดสอบด้วยตนเอง (ได้รับการอบรมจากบริษัทผู้นำเข้าเครื่อง DEXA ในเรื่องการใช้งาน และได้รับการตรวจค่ารังสีในห้องปฏิบัติการจากสำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (Campanha-Versiani, 2017)

### 2. ตัวแปรด้านการใช้พลังงาน (Energy expenditure)

#### 2.1 การใช้พลังงานขณะพัก (Resting metabolic rate)

วัดโดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Breath by breath cardiopulmonary gas exchange system) โดยวิธีการคำนวณพลังงานทางอ้อมจากการหายใจ (Indirect calorimetry on spontaneous-breathing and ventilator-dependent) ซึ่งจะคำนวณจากอัตราการใช้ออกซิเจน [oxygen consumption ( $VO_2$ )] อัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide production:  $VCO_2$ ) และอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส [respiratory exchange ratio ( $RER = VCO_2 / VO_2$ )] จะทำ

การวัดในเวลา 9.00-12.00 น. ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องนอนหลับอย่างน้อย 8 ชั่วโมง และรับประทานอาหารแล้วอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ขณะทำการวัดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนพักเป็นเวลา 30 นาที ห้ามเคลื่อนไหวร่างกาย แต่ห้ามหลับ พร้อมทั้งใส่หน้ากากคาโนปี (Canopy) เพื่อทำการวิเคราะห์แก๊ส (Gas analysis) จะได้ค่าตัวแปรการใช้พลังงานขณะพัก (Resting metabolic rate) (Crisp et al., 2012; Frayn, 1983)

2.2 การเผาผลาญไขมัน (Fat oxidation) คำนวณปริมาณการเผาผลาญไขมันจากสูตร (Purge et al., 2014; Frayn, 1983)

$$\text{Fat (gram)} = 1.67 \times \text{VO}_2 - 1.67 \times \text{VCO}_2$$

เมื่อ  $\text{VO}_2$  คือ อัตราการใช้ออกซิเจน

$\text{VCO}_2$  คือ อัตราการใช้คาร์บอนไดออกไซด์

2.3 การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate oxidation) คำนวณปริมาณการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตจากสูตร (Purge et al., 2014; Frayn, 1983)

$$\text{Carbohydrate (gram)} = 4.55 \times \text{VCO}_2 - 3.21 \times \text{VO}_2$$

เมื่อ  $\text{VO}_2$  คือ อัตราการใช้ออกซิเจน

$\text{VCO}_2$  คือ อัตราการใช้คาร์บอนไดออกไซด์

### 3. ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด

3.1 การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediate dilatation; FMD) วัดโดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์ ทำการวัดการขยายตัวสูงสุดของหลอดเลือดคลายตัวขณะพัก ขณะหลอดเลือดหดตัว เมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเลือด ขณะหลอดเลือดขยายตัวหลังเปิดการปิดกั้นการไหลของเลือด และขณะหลอดเลือดกลับสู่ภาวะปกติหลังการปิดกั้นการไหลของเลือด โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงาย พัก 15-20 นาที ใช้แถบผ้าพัน (Cuff) ของเครื่องวัดความดันโลหิตรัดบริเวณแขนท่อนล่าง ทำการอัลตราซาวด์หลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อพับแขนด้านหน้า (Brachial artery) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดขณะพักเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นบีบแรงดันในเครื่องวัดความดันโลหิตเหนือความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว 50 มิลลิเมตรปรอท ค้างไว้ 5 นาที ซึ่งเป็นการทำให้เกิดการขาดเลือดในช่วงสั้น ๆ วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดขณะถูกปิดกั้น จากนั้นปล่อยแรงดันออกจนหมดคลายการบีบของเครื่องวัดความดันโลหิต จะกระตุ้นให้หลอดเลือดขยายตัว วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดหลังถูกปิดกั้น เป็นเวลา 5 นาที คำนวณจากสูตร (Naidu et al., 2011)

$$\% \text{FMD} = [(D2 - D1) / D1] \times 100$$

เมื่อ D1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดก่อนการปิดกั้นการไหลของเลือดขณะพัก หน่วยเป็นมิลลิเมตร

D2 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดของหลอดเลือดก่อนการปิดกั้นการไหลของเลือดขณะพัก หน่วยเป็นมิลลิเมตร

3.2 ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-media thickness; IMT) วัดโดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์บริเวณหลอดเลือดแดงของลำคอด้านข้าง (Common carotid artery) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงาย เอียงศีรษะไปทางซ้าย 45 องศา ทำการอัลตราซาวด์หลอดเลือดแดงของลำคอด้านขวา วัดความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นในด้านไกล (Far wall) (Meyer et al., 2006) แล้วเข้าโปรแกรมคิวแลป (QLAB) คำนวณหาความหนาของผนังหลอดเลือดชั้นใน

3.3 ความแข็งของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) เป็นการวัดความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง วัดโดยใช้เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (Non-invasive vascular screening device) โดยวัดเวลาที่แตกต่างกันของการสูบฉีดเลือด (Brachial-ankle time delay) ที่หลอดเลือดบริเวณต้นแขน (Brachial artery) และหลอดเลือดบริเวณข้อเท้า (Posterior tibial artery) จากนั้นวัดความยาวจากจุดที่วัดทั้งสองจุด เพื่อตรวจวัดความยืดหยุ่นของเส้นเลือดแดง หรือการแข็งตัวของหลอดเลือด ทำการคำนวณหาความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง (Brachial-ankle pulse wave velocity: baPWV) จากสูตรดังต่อไปนี้ (Sugawara et al., 2005)

$$\text{baPWV (cm/sec)} = \text{Length} / \text{Brachial-ankle time delay}$$

เมื่อ Length คือ ความยาวระหว่างจุดที่วัดบริเวณต้นแขนและข้อเท้า หน่วยเป็นเซนติเมตร  
Brachial-ankle time delay คือ เวลาที่แตกต่างกันของการสูบฉีดเลือด หน่วยเป็นวินาที

#### 4. ตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดของผู้เข้าร่วมการวิจัยในเวลา 07.00 – 08.00 น. ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องนอนหลับอย่างน้อย 8 ชั่วโมง งดรับประทานอาหารอย่างน้อย 8-12 ชั่วโมง แต่สามารถดื่มน้ำได้เล็กน้อย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะนั่งพักเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นทำการเจาะเลือด 10 ซีซี (ประมาณ 2 ซ้อนชา) โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการเจาะเลือดโดยเจ้าหน้าที่คลินิกเทคนิคการแพทย์ ณ ชั้น 4 ตึกบรมราชชนนีศรีศศพรราช คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งจะทำการวิเคราะห์สารชีวเคมีในเลือด ดังนี้

ปริมาณน้ำตาลในเลือด (Fasting plasma glucose) ระดับอินซูลิน (Fasting plasma insulin) น้ำตาลสะสม (Glycosylated hemoglobin; HbA1c) และปริมาณไขมันในเลือด (Lipid profile) ได้แก่ คอเลสเตอรอล (Cholesterol) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) ไฮเดนซิตีไลโปโปรตีน (High density lipoprotein; HDL) และโลวเดนซิตีไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein; LDL) วิเคราะห์โดยวิธีการ เอนไซเมติก คัลเลอร์รีเมตริกแอสเซ (Enzymatic colorimetric method) ด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ (Automate)

เลปติน (Leptin) วิเคราะห์โดยใช้ ชุดคิท ฮิวแมน เลปติน ด้วยวิธีการ อีไลซ่า (Human leptin ELISA kit) ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับความหิวอาหาร และปริมาณน้ำตาลในเลือด

อะดิพอนεκติน (Adiponectin) วิเคราะห์โดยใช้ ชุดคิท ฮิวแมน อะดิพอนεκติน ด้วยวิธีการ อีไลซ่า (Human Adiponectin ELISA kit) ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับการเกิดกลุ่มอาการเมแทบอลิก และภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง

วิสฟาติน (Visfatin) วิเคราะห์โดยใช้ ชุดคิท ฮิวแมน วิสฟาติน ด้วยวิธีการ อีไลซ่า (Human Visfatin ELISA kit) ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับปริมาณไขมันในช่องท้อง

ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) วิเคราะห์ด้วยวิธีการ กริส เรเจนท์ ซิสเต็ม (Griess reagent system) ตัวบ่งชี้การทำงานของหลอดเลือด

รีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ อินดิเคเตอร์; มาลอนไดอัลดีไฮด์ (ROS indicator; malondialdehyde; MDA) วิเคราะห์ด้วยวิธีการคัลเลอร์รีเมตริก แอสเซ (Colorimetric assay) ด้วยวิธีแมนนวล (Manual) ตัวบ่งชี้สารอนุมูลอิสระ

ฮายเซนซิวิตีซีรีแอกทีฟโปรตีน (High sensitivity C-reactive protein; hsCRP) วิเคราะห์ด้วยหลักการอิมมูโนออปโตเมทรี (Immunonephelometry) โดยใช้น้ำยา Phase\*hsCRP ตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ ตัวบ่งชี้ภาวะการอักเสบของเนื้อเยื่อในร่างกาย

เกรลิน (Ghrelin) วิเคราะห์โดยใช้ ชุดคิท ฮิวแมน เกรลิน ด้วยวิธีการ อีไลซ่า (Human Ghrelin ELISA kit) ตัวบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์กับอินซูลินในเลือด

## 5. ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) ได้แก่

### 5.1 ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular strength and endurance)

#### 5.1.1. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่าง (Upper and lower limb)

ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการใช้เครื่องวัดความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Isokinetic dynamometer) ยี่ห้อไบโอเด็กซ์ มัลติจอยท์ ซิสเต็ม โพร (BIODEX MUTI-JOINT SYSTEM-PRO) ส่วนบนใช้ท่าเอวโบว เอ็กซ์เทนชัน/เฟล็กซ์ชัน (Elbow extension/flexion) ในการประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อแขนไบเซพ (Biceps) และกล้ามเนื้อไตรเซพ (Triceps) ส่วนล่างใช้ท่า นี เอ็กซ์เทนชัน/เฟล็กซ์ชัน (Knee extension/flexion) ในการประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อควอดไตรเซพ (Quadriceps) และกล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstrings)

### 5.1.2 ความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนล่าง (Lower limb)

ประเมินความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนล่างแบบเคลื่อนไหวโดยใช้การทดสอบลุกนั่ง (Sit-to-stand test) ใช้เก้าอี้ที่มีแขนพัก (ความสูงของเก้าอี้ 44.5 เซนติเมตร และมีที่นั่งลึก 38 เซนติเมตร) นำเก้าอี้วางไว้ติดกับผนังเพื่อป้องกันการล้ม และเกิดการบาดเจ็บ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลุกนั่งเป็นเวลา 60 วินาที แล้วจดบันทึกจำนวนครั้งที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทำได้ (Hassannejad et al., 2017)

5.2 สมรรถภาพของระบบหัวใจและหายใจ (Cardiorespiratory fitness) โดยหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_2$  peak) โดยการออกกำลังกายสูงสุด (Maximal exercise test) ด้วยการเดิน 6 นาที (6 Minute walk test; 6MWT) ทำการทดสอบโดยให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยอบอุ่นก่อนการทดสอบและคลายอุ่นร่างกายหลังการทดสอบ ใช้เวลาทำการทดสอบประมาณคนละ 15 นาที ทำการทดสอบด้วยการเดินในเวลา 6 นาที โดยเดินให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ เตรียมระยะทางเดิน 30 เมตร (หรืออย่างน้อย 20 เมตร หรือ 50 เมตร) กำหนดจุดกลับตัวเพื่อเดินไปและกลับวางกรวยระยะห่างกันทุก 3 เมตรเพื่อกำหนดระยะทาง พร้อมกับวัดชีพจรขณะเดินและถามระดับความเหนื่อยทุก 1 นาที จากนั้นนำระยะทางการเดินใน 6 นาที ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินได้มาคำนวณในสูตรการหาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังนี้ (Burr et al., 2011)

$$VO_2 \text{ peak} = 70.161 + (0.023 \times 6 \text{ MWT}) - (0.276 \times \text{weight}) - (6.79 \times \text{sex, when m}=0, \text{f}=1) - (0.193 \times \text{RHR}) - (0.191 \times \text{age})$$

โดย  $VO_2$ max คือ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)

6 MWT คือ ระยะทางที่เดินได้ใน 6 นาที (เมตร)

Weight คือ น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)

RHR คือ ชีพจรขณะพัก (ครั้ง/นาที)

Age คือ อายุ (ปี)

5.3 ความอ่อนตัว (Flexibility) การทดสอบความอ่อนตัวใช้การทดสอบนั่งงอตัวไปข้างหน้า (Sit and Reach) ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเหยียดขาตรง ฝ่าเท้าจรดแนบกับที่ยันเท้า เท้าทั้งสองตั้งฉากกับพื้นและชิดกัน เหยียดแขนตรงขนานกับพื้น ให้ปลายนิ้วมือเสมอกันและค่อยๆ ก้มตัวไปข้างหน้าให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และรักษาระยะทางไว้ได้ 2 วินาทีขึ้นไป ทำ 2 ครั้ง ใช้ค่าที่ดีที่สุดในการบันทึกผล (Huck, 2015)

6. ตัวแปรด้านกิจกรรมทางกาย ใช้แบบประเมินกิจกรรมทางกายสากล (Global Physical Activity Questionnaire-GPAQv2) มีข้อความทั้งหมด 16 ข้อ โดยแบ่งออกเป็นส่วนตัว จะประเมินถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมทางกายรูปแบบต่างๆ ในแต่ละสัปดาห์ ได้แก่ กิจกรรม

ในการทำงาน การเดินทางไป-กลับที่ต่างๆ กิจกรรมนันทนาการ และกิจกรรมการนั่ง ผู้วิจัยจะแปรผลออกมาเป็นค่าพลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรมทางกายรวมต่อสัปดาห์ (ภาคผนวก ช)

7. ตัวแปรด้านคุณภาพชีวิต (Quality of life) ใช้แบบประเมินคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกชุดย่อ ฉบับภาษาไทย (WHOQOL - BREF - THAI) ประกอบด้วยองค์ประกอบของคุณภาพชีวิต 4 ด้าน คือ ด้านร่างกาย (Physical domain) ด้านจิตใจ (Psychological domain) ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม (Social relationships) และด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) มีทั้งหมด 26 ข้อคำถาม ข้อคำถามที่มีความหมายทางบวก 23 ข้อ และข้อคำถามที่มีความหมายทางลบ 3 ข้อ คือข้อ 2, 9 และ 11 แต่ละข้อเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับให้ผู้ตอบเลือกตอบ

กลุ่มที่ 1 ข้อความทางลบ 3 ข้อ

กลุ่มที่ 2 ข้อความทางบวก 23 ข้อ

กลุ่มที่ 1 แต่ละข้อให้คะแนนดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 2 แต่ละข้อให้คะแนนดังต่อไปนี้

ไม่เลย	ให้	5 คะแนน	ไม่เลย	ให้	1 คะแนน
เล็กน้อย	ให้	4 คะแนน	เล็กน้อย	ให้	2 คะแนน
ปานกลาง	ให้	3 คะแนน	ปานกลาง	ให้	3 คะแนน
มาก	ให้	2 คะแนน	มาก	ให้	4 คะแนน
มากที่สุด	ให้	1 คะแนน	มากที่สุด	ให้	5 คะแนน

โดยมีคะแนนตั้งแต่ 26 – 130 คะแนน หากได้คะแนน 26 – 60 คะแนน แสดงถึงการมีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดี คะแนนตั้งแต่ 61 – 95 คะแนน แสดงถึงการมีคุณภาพชีวิตกลาง ๆ และคะแนน 96 – 130คะแนน แสดงถึงการมีคุณภาพชีวิตที่ดี (ภาคผนวก ฉ)

8. ตัวแปรด้านภาวะซึมเศร้า (Depressive symptoms) ใช้แบบประเมินภาวะซึมเศร้า ประกอบด้วย แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า 2 คำถาม (2Q) แบบประเมินภาวะซึมเศร้า 9 คำถาม (Q9) และแบบประเมินการฆ่าตัวตาย 8 คำถาม (8Q) ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินโดยได้ปรึกษานักจิตวิทยาในความรู้เรื่องภาวะซึมเศร้า และการประเมินอาการภาวะซึมเศร้า (ภาคผนวก ฉ)

ซึ่งการเก็บข้อมูลดังที่กล่าวมาจะมีการเก็บข้อมูลทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก โดยจะใช้เวลาในการทดสอบครั้งละ 1 วัน มีลำดับการเก็บรวบรวมข้อมูลตามตารางที่ 4 ดังนี้

**ตารางที่ 4 กำหนดช่วงเวลาและการดำเนินการเก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย**

ช่วงเวลา	การดำเนินการ	ระยะเวลาที่ใช้
ทำการเก็บข้อมูล ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และห้องปฏิบัติการตรวจสอบสารชีวเคมีในเลือด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		
7.30-8.00 น.	เจาะเลือด ณ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปริมาตรเลือดที่เจาะ 10 ซีซี (2 ซ้อนชา)	10 นาที
8.10-8.25 น.	เดินทางจากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มายังห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	15 นาที
8.25-9.05 น.	ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบสอบถาม และแบบประเมินต่างๆ ได้แก่ แบบสอบถามประวัติสุขภาพ แบบประเมินปัจจัยเสี่ยง ของโรคหัวใจและหลอดเลือด แบบประเมินความพร้อมก่อน การออกกำลังกาย แบบประเมินกิจกรรมทางกาย แบบ ประเมินคุณภาพชีวิต แบบประเมินภาวะซึมเศร้า และแบบ ประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหารกลุ่มวัยทำงาน (15-59 ปี)	40 นาที
9.05-9.20 น.	ทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย	15 นาที
9.20-10.00 น.	ทดสอบการใช้พลังงานขณะพัก	40 นาที
10.00-11.00 น.	ทดสอบการทำงานของหลอดเลือด	60 นาที
11.00-12.00 น.	รับประทานอาหาร	60 นาที
12.00-12.30 น.	พัก	30 นาที
12.30-13.30 น.	ทดสอบสมรรถภาพทางกายความแข็งแรง ความอดทนของ กล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว	60 นาที
13.30-14.00 น.	ทดสอบสมรรถภาพของระบบหัวใจและหายใจ ด้วยการเดิน 6 นาที (6 Minute walk test; 6MWT)	30 นาที
14.00-14.10 น.	เสร็จสิ้นการทดสอบวันที่สอง ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก และ สังเกตอาการ และติดตามผลหลังการทดสอบ ก่อนให้ ผู้เข้าร่วมวิจัยกลับบ้าน	10 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลรวมทั้งสิ้น		6 ชั่วโมง 10 นาที



ตามที่ระบุในตารางที่ 4 เป็นการดำเนินการต่อผู้เข้าร่วมในการวิจัย 1 ราย ซึ่งทั้ง 72 คน จะได้รับการนัดหมายการเข้ามาทำการทดสอบคนละเวลาและคนละวัน โดยตามแต่ความสะดวกของอาสาสมัคร โดยผู้วิจัยจะมีช่วงเวลาและวันที่นัดให้อาสาสมัครเลือก แล้วลงตารางการทดสอบ โดยจะทำการทดสอบได้วันละไม่เกิน 2 คนทั้งก่อนและหลังการทดลอง

8. ผู้เข้าร่วมในการวิจัยกลุ่มทดลอง 2 กลุ่มนำโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักไปใช้ที่บ้าน โดยมีกระบวนการเตรียมความพร้อมก่อนนำโปรแกรมไปใช้ที่บ้าน ดังนี้

8.1 ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับการควบคุมการรับประทานอาหารโดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องรับประทานอาหารแคลอรีเท่ากับอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักของแต่ละคน (ใช้ค่าจากการวัดอัตราการเผาผลาญพลังงานก่อนทดลอง) ซึ่งต้องควบคุมปริมาณโภชนาการโดยจะได้รับคาร์โบไฮเดรต 55% โปรตีน 30% และไขมัน 15% (จะได้รับคำแนะนำการควบคุมอาหารจากนักโภชนาการคลินิกโรคอ้วน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์) และจะได้รับคำแนะนำในการปฏิบัติตัวเมื่อนำโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักไปใช้ที่บ้านในกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม (จะได้รับคู่มือการปฏิบัติตัวในการออกกำลังกายซึ่งจะมีเนื้อหา ความเตรียมพร้อมก่อนออกกำลังกาย ข้อควรปฏิบัติขณะออกกำลังกาย และข้อควรระวังในขณะออกกำลังกาย)

8.2 ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ซึ่งจะฝึกทำออกกำลังกาย และจังหวะการออกกำลังกายโดยใช้เครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome) เพื่อควบคุมจังหวะการยกน้ำหนักและการยกขา และควบคุมอัตราการเต้นหัวใจ (Heart rate) ให้เป็นไปตามโปรแกรมออกกำลังกายแบบสลับช่วง เป็นรายบุคคล ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบอัตราการเต้นหัวใจ จังหวะการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล ทำให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยสามารถนำโปรแกรมการออกกำลังกายสลับช่วงไปใช้ที่บ้านได้ด้วยตนเอง โดยภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์แรกก่อนเริ่มฝึกออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะเข้ามาฝึกออกกำลังกายกับผู้วิจัยก่อน 3 ครั้ง ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการออกกำลังกายตามโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก โดยจะมีการประเมินเบื้องต้น ได้แก่ การตรวจสอบอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกาย การตรวจสอบสัญญาณเสี่ยงต่อการออกกำลังกาย เช่น มีอาการวิงเวียนศีรษะ หน้ามืด มึนงง แน่นหน้าอก หายใจไม่ทัน เป็นต้น (หากพบว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีความเสี่ยงสูงต่อการออกกำลังกายจะถูกคัดออก) หากผู้เข้าร่วมงานวิจัยพบว่าสามารถออกกำลังกายแบบสลับช่วงได้จึงจะสามารถนำโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสลับช่วงไปใช้ออกกำลังกายที่บ้านด้วยตนเอง จากนั้นจึงกลับมาพบผู้วิจัยเพื่อสาธิตการปฏิบัติด้วยตนเองอีก 1 ครั้ง หากยังไม่สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องด้วยตนเองได้ ผู้วิจัยจะทำการนัดฝึกซ้อมเพิ่มเติมจนกว่าจะสามารถปฏิบัติได้

8.3 เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ทำการทดลองฝึกควบคุมอัตราการเต้นหัวใจ และได้กำหนดจังหวะที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคลในการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักได้ แล้ว ผู้วิจัยจะทำการอัดคลิปวิดีโอการออกกำลังกายที่มีความหนักจำเพาะสำหรับแต่ละบุคคล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ที่ออกกำลังกายในคลิปวิดีโอเอง (ไม่ใช่อาสาสมัคร) โดยใช้จังหวะ (Metronome) ที่เหมาะสมกับผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละบุคคล แล้วอัปโหลดคลิปลงในสื่อออนไลน์ยูทูป (YouTube) แล้วทำการคัดลอกลิ้งค์ส่งให้แต่ละบุคคลทางไลน์ส่วนตัวของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ส่วนกลุ่มที่เข้าร่วมงานวิจัยที่ไม่สามารถใช้โทรศัพท์มือถือ หรือไม่ใช้โทรศัพท์มือถือที่สามารถเล่นไลน์ได้ผู้วิจัยจะทำการอัดคลิปลงในแผ่นซีดี หรือจัดทำเอกสารโปรแกรมการออกกำลังกายให้ตามความเหมาะสมของแต่ละบุคคล

8.4 กลุ่มควบคุมดำเนินชีวิตตามปกติ และรับประทานอาหารแคลอรีเท่ากับอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักของแต่ละคน (ใช้ค่าจากการวัดอัตราการเผาผลาญพลังงานก่อนทดลอง) ซึ่งต้องควบคุมปริมาณโภชนาการโดยจะได้รับคาร์โบไฮเดรต 55% โปรตีน 30% และไขมัน 15% (จะได้รับคำแนะนำการควบคุมอาหารจากนักโภชนาการคลินิกโรคอ้วน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์)

9. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ได้รับระยะเวลา 12 สัปดาห์ จำนวน 5 วัน/สัปดาห์ ได้แก่วัน จันทร์ พุธ ศุกร์ เสาร์ และอาทิตย์ หากมีเหตุสุดวิสัยที่สามารถเลือกวันออกกำลังกายได้แต่ต้องครบ 5 วันต่อสัปดาห์ หรือหากมีอาการเจ็บป่วยก็ขาดการออกกำลังกายได้ตามจำนวนครั้งที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์การคัดออกคือขาดได้ไม่เกิน 12 ครั้ง (ทำการออกกำลังกาย 48 ครั้ง ในทั้งหมด 60 ครั้ง) โดยทำการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่บ้านตนเอง พร้อมกับที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องสวมเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกายทุกครั้งเพื่อควบคุมอัตราการเต้นหัวใจ ซึ่งผู้วิจัยได้แจกให้ในวันที่เข้ามาทดลองฝึกออกกำลังกาย และเปิดคลิปการออกกำลังกาย และเอกสารโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่ของแต่ละบุคคล เพื่อควบคุมจังหวะการออกกำลังกาย และท่าทางการออกกำลังกายที่ถูกต้องตามโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องออกกำลังกายหลังจากรับประทานอาหารเช้าอย่างน้อย 2 ชั่วโมง หลังจากที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มทดลองได้ออกกำลังกายตามโปรแกรมครบระยะที่ 1 ช่วง 1-6 สัปดาห์แล้วจะมีการนัดพบอีก 1 ครั้งในสัปดาห์ที่ 6 เพื่อปรับจังหวะการออกกำลังกาย และการควบคุมอัตราการเต้นหัวใจของแต่ละบุคคล และเพิ่มท่าการออกกำลังกายให้เป็นไปตามโปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 2 ช่วง 7-12 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยจะจัดทำคลิปวิดีโอ หรือเอกสารโปรแกรมการออกกำลังกายให้อีกครั้ง ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการติดตามและขอความร่วมมือให้มีการฝึกออกกำลังกายทุกวันด้วยการติดตามทางโทรศัพท์ หรือแอปพลิเคชันไลน์ (Line app) และติดตามให้เข้ามาพบเจอผู้วิจัยทุก 1 เดือน (แต่เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 จึงนัดพบแค่ครั้งเดียว แต่มีการติดตามและพูดคุยผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์แทน) เพื่อติดตามผลการฝึกออกกำลังกาย อุปสรรคของการออกกำลังกาย และสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เข้าร่วม

วิจัยให้สามารถออกกำลังกายตามโปรแกรมได้อย่างต่อเนื่อง แต่หากผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่สะดวกเข้ามาตามเวลาที่นัดพบผู้วิจัยจะติดตามด้วยการโทรศัพท์พูดคุย และนัดพบในวันอื่นตามความสะดวก

10. ในระหว่างทำการศึกษาทดลองผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการประเมินทางด้านโภชนาการโดยทำการจดบันทึกแบบประเมินการกินอาหารทั่วไปใน 1 วันในภาคผนวก ฎ ในระหว่างการทดลอง 12 สัปดาห์ และมีการคำนวณปริมาณแคลอรีที่ได้รับต่อวันโดยใช้ฐานข้อมูลและวิธีการประเมินจากกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2544 โดยแคลอรีที่ได้รับต่อวันจะควบคุมให้เท่ากับอัตราการเผาผลาญขณะพักของผู้เข้าร่วมวิจัยและมีอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรต 55% โปรตีน 30% และไขมัน 15% และได้รับการประเมินพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก โดยใช้แบบประเมินพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารกลุ่มวัยทำงาน (15-59 ปี) ประกอบด้วย 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป มีจำนวนทั้งหมด 9 ข้อ ประกอบด้วยข้อมูลส่วนตัวทั่วไปรวมถึงข้อมูลน้ำหนักตัว ส่วนสูง รอบเอว และสอบถามโรคประจำตัวเบื้องต้น

ตอนที่ 2 พฤติกรรมสุขภาพการบริโภคอาหาร มีจำนวน 6 ข้อใหญ่ ประกอบด้วย

1. พฤติกรรมการกินผักในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา
2. พฤติกรรมการกินผลไม้ในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา
3. พฤติกรรมการกินอาหารหวานในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาโดยเฉลี่ย
4. พฤติกรรมการกินอาหารมันในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาโดยเฉลี่ย
5. พฤติกรรมการกินอาหารเค็มในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาโดยเฉลี่ย
6. พฤติกรรมการกินอาหารปลอดภัย ปลอดภัย ในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาโดยเฉลี่ย

แปลผลโดยการหาค่าร้อยละในแต่ละข้อคำถามของแต่ละบุคคลเพื่อตรวจสอบ

พฤติกรรมการบริโภคอาหารในกลุ่มวัยทำงาน (15-59 ปี) (ภาคผนวก ฐ)

11. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับการทดสอบตัวแปรต่างๆ ดังข้อที่ 6.2 และประเมินกิจกรรมทางกาย ประเมินคุณภาพชีวิต และประเมินภาวะซึมเศร้า ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก

12. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบตัวแปรต่างๆ ทั้งก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมาวิเคราะห์ทางสถิติ และสรุป อธิบายผลการทดลอง

## มาตรการป้องกันการติดเชื้อ และการแพร่ระบาดในการเก็บข้อมูลวิจัยเนื่องจากสภาวะการแพร่ระบาดของโรค COVID-2019

1. ทั้งผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการเข้าปฏิบัติเก็บข้อมูลต้องได้รับการคัดกรองอาการเจ็บป่วยเบื้องต้น โดยมีการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิทางผิวหนัง หากมีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 37.5 องศาเซลเซียส หรือมีอาการที่ไม่ปกติ เช่น ไอ จาม มีน้ำมูก มีเสมหะ เจ็บคอ ปวดเมื่อยตามตัวโดยไม่ทราบสาเหตุ หรือหายใจลำบาก จะแนะนำให้บุคคลนั้นกลับบ้านเพื่อสังเกตอาการหรือพบแพทย์ และทำการงดการเก็บข้อมูลในวันนั้น และทำการนัดหมายใหม่เมื่อไม่มีอาการดังกล่าวแล้ว

2. ทั้งผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ หน้ากากอนามัย แผ่นบังหน้า ถุงมือยาง เสมอตลอดระยะเวลาทำการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ ส่วนกลุ่มตัวอย่างหากเป็นการทดสอบสมรรถภาพที่ไม่ได้มีการออกกำลังกายหรือมีอุปกรณ์บนใบหน้า ให้สวมหน้ากากอนามัยอยู่เสมอ

3. ทั้งผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่างจะต้องล้างมือทำความสะอาดด้วยสบู่ หรือเจล แอลกอฮอล์สำหรับล้างมือก่อนและหลังสิ้นสุดในการทดสอบแต่ละสถานี

4. อุปกรณ์ทดสอบร่างกายและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลทุกอุปกรณ์ จะได้รับการทำความสะอาดหลังจากใช้งานเสร็จสิ้นทุกครั้ง โดยการเช็ดหรือแช่ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนนำกลับมาใช้อีกครั้ง

5. ก่อนและหลังทำการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง จะมีการทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 99% ที่พื้นห้อง เครื่องมือ อุปกรณ์ทุกชนิด เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ของห้องปฏิบัติการ

6. จัดให้สถานที่ทำการทดสอบมีความโปร่ง สบาย อากาศถ่ายเทสะดวก โดยมีการจำกัดจำนวนคนในการเข้ารับการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อลดความแออัด และลดการแพร่กระจายเชื้อโรค

CHULALONGKORN UNIVERSITY

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

#### การศึกษาที่ 1

1. เครื่องมือสำหรับการประเมินโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักที่มีความหนักสูง

1.1 แบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความหนักสูงของผู้ทรงคุณวุฒิ

1.2 กล้องบันทึกภาพวิดีโอเพื่อเก็บข้อมูลการออกกำลังกายนำส่งผู้ทรงคุณวุฒิ (ภายหลังเสร็จสิ้นงานวิจัยผู้วิจัยจะทำการลบภาพและวิดีโอในกล้องบันทึกภาพวิดีโอทิ้ง)

1.3 แผ่นซีดีที่ใช้ในการบันทึกส่งไปถึงผู้ทรงคุณวุฒิ

## 2. เครื่องมือและแบบประเมิน

2.1 แบบสอบถามประวัติสุขภาพ (Personal and family medical history) (ประยุกต์มาจาก ACSM, 2010 ใน สิทธา พงษ์พิบูลย์, 2556) (ภาคผนวก ง)

2.2 แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม (FRS) (Borjesson et al., 2011) (ภาคผนวก จ)

2.3 แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี) (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) (ACSM, 2014; ดร.ณรรณ สุขสม, 2561) (ภาคผนวก ฉ)

2.4 แบบประเมินระดับความเหนื่อยทุก 5 นาทีโดยใช้บรอกสเกล 6 ถึง 20 (6 to 20 Borg scale) (Borg G.A., 1982)

2.5 แบบประเมินความสนุกสนาน ดัดแปลงมาจากโรเจอร์และคณะ (Rogers L. Q., 2011) ใช้เปรียบเทียบความสนุกสนานระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบบนน้ำหนักเพื่อนำมาวิเคราะห์ความสนุกสนานของการออกกำลังกายที่ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงชอบระหว่างการออกกำลังกายทั้ง 2 ชนิดอยู่ในระดับใด

## 3. เครื่องมือสำหรับการวัดตัวแปรทางสรีรวิทยา

3.1 เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิทัลขณะพัก (Blood pressure monitors) ยี่ห้อ จีอี ไดนามาแมป (GE Dinamap) รุ่น แคร้สเคบ วี 100 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

3.2 เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectrical Impedance Analyzer)

3.3 เครื่องวิเคราะห์แลคเตท (Lactate Analyzer) ยี่ห้ออนาลอกซ์ รุ่น พี-แอลเอ็ม 5 (P-LM 5) ประเทศอังกฤษ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 กรวย CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5 นาฬิกาจับเวลา

3.6 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจเป็นนาฬิกายี่ห้อ โพล่า (Polar) รุ่นเอช 10 ประเทศสหรัฐอเมริกา (Polar® H10, Kempele, USA)

## 4. เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านหลอดเลือด

4.1 เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (Non-invasive vascular screening device) ยี่ห้อ Omron รุ่นคอลลิน วีพี 1000 พลัส ประเทศญี่ปุ่น

4.2 เครื่องอัลตราซาวด์หลอดเลือด (Ultrasound system) ยี่ห้อฟิลลิป (Philips) รุ่น EPIQ 5 Purewave ประเทศสหรัฐอเมริกา

## 5. ตัวแปรด้านการใช้พลังงาน (Energy expenditure)

5.1 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจเป็นนาฬิกาข้อมือ โพล่า (Polar) รุ่นเอช 10 ประเทศสหรัฐอเมริกา (Polar® H10, Kempele, USA)

## 6. เครื่องมือที่ใช้ในการออกกำลังกาย

6.1 ดัมเบล (Dumbbell) 1 กิโลกรัม 2 อัน (สำหรับผู้หญิง) และ 2 กิโลกรัม 2 อัน (สำหรับผู้ชาย)

6.2 เก้าอี้มีพนักพิง

6.3 เสื่อออกกำลังกาย

6.4 จักรยาน (Bicycle) ยี่ห้อโมนาร์ก (Monark) รุ่น RC6 มีพนักพิง

## 7. เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

7.1 แบบบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา ข้อมูลการประเมินการทำงานของหลอดเลือด ข้อมูลการประเมินการใช้พลังงาน

### การศึกษาที่ 2

#### 1. เครื่องมือและแบบประเมิน

1.1 แบบสอบถามประวัติสุขภาพ (Personal and family medical history) (ประยุกต์มาจาก ACSM, 2010 ใน สิทธา พงษ์พิบูลย์, 2556) (ภาคผนวก ง)

1.2 แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม (FRS) (Borjesson et al., 2011) (ภาคผนวก จ)

1.3 แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี) (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) (ACSM, 2014; ตฤณวรรณ สุขสม, 2561) (ภาคผนวก ฉ)

1.4 แบบประเมินกิจกรรมทางกายสากล (Global Physical Activity Questionnaire-GPAQ<sub>v2</sub>) (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2552) (ภาคผนวก ช)

1.5 แบบประเมินคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกชุดย่อฉบับภาษาไทย (World Health Organization Quality-of-Life Scale Thai; WHOQOL-BREF THAI) (สุวัฒน์ มหิณีรันดร์ กุล และคณะ, 2540) (ภาคผนวก ฉ)

1.6 แบบประเมินภาวะซึมเศร้า 2 คำถาม (Q2) 9 คำถาม (Q9) และ 8 คำถาม (Q8) (กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข, 2558) (ภาคผนวก ฉ)

#### 2. เครื่องมือสำหรับการวัดตัวแปรทางสรีรวิทยา

2.1 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย ใช้เครื่อง Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA)

2.2 เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectrical Impedance Analyzer)

2.3 เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก (Blood Pressure Monitors) ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมป รุ่น คาร์สแคป วี 100 ประเทศสหรัฐอเมริกา (Carescape V100, GE Dinamap, USA)

3. เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด

4.1 หลอดเก็บเลือด (Tube)

4.2 เข็มเจาะเลือด (Needle)

4.3 กระบอกฉีดยา (Syringe) ขนาด 20 มิลลิลิตร

4.4 เครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูง (Centrifugator)

4.5 ตู้แช่แข็ง -80 องศาเซลเซียส (Freezer)

4.6 เครื่องตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณเซลล์อัตโนมัติ (Flow cytometry)

4.7 เอกสารนำส่งตรวจเลือดเพื่อส่งตรวจวิเคราะห์ที่ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

4. เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านด้านหลอดเลือด

4.1 เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (Non-invasive vascular screening device) ยี่ห้อ Omron รุ่นคอลลิน วีพี 1000 พลัส ประเทศญี่ปุ่น

4.2 เครื่องอัลตราซาวด์หลอดเลือด (Ultrasound system) ยี่ห้อฟิลลิป (Philips) รุ่น EPIQ 5 Purewave ประเทศสหรัฐอเมริกา

5. ตัวแปรด้านการใช้พลังงาน (Energy expenditure)

5.1 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Breath by breath cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม็กซ์ (Vmax) รุ่นเอนเคอร์ 29 (Encore 29) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Stationary gas analyzer: Vmax Encore 29 system, Yorba Linda, CA, USA)

6. ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย (Physical fitness variables)

6.1 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Breath by breath cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม็กซ์ (Vmax) รุ่นเอนเคอร์ 29 (Encore 29) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Stationary gas analyzer: Vmax Encore 29 system, Yorba Linda, CA, USA)

6.2 เก้าอี้มีน้ำหนักพิง

6.3 เครื่องวัดความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Isokinetic dynamometer) ยี่ห้อไบโอเด็กซ์ มัลติจอยท์ ซิสเต็ม โพร (BIODEX MUTI-JOINT SYSTEM-PRO)

6.4 กล่องวัดความยืดหยุ่นของร่างกาย (Sit and reach box)

7. เครื่องมือสำหรับการฝึกร่างกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่มีความหนักสูง

7.1 ชุดอุปกรณ์ออกกำลังกาย ประกอบด้วย ดัมเบล (Dumbbell) 1 กิโลกรัม 2 อัน (สำหรับผู้หญิง)/ ดัมเบล (Dumbbell) 1.5 กิโลกรัม 2 อัน (สำหรับผู้ชาย) สมุดแนะนำวิธีการออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความหนักสูง 1 เล่ม และซีดีแนะนำวิธีการออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความหนักสูง 1 แผ่น

7.2 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจเป็นนาฬิกาข้อมือ โพล่า (Polar) รุ่นเอช 10 ประเทศสหรัฐอเมริกา (Polar® H10, Kempele, USA)

## 8. เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

8.1 แบบบันทึกข้อมูลวิจัย ประกอบด้วย ข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา ข้อมูลตัวแปรทางสมรรถภาพทางกาย ข้อมูลการประเมินการทำงานของหลอดเลือด ข้อมูลการประเมินสมรรถภาพการใช้พลังงานขณะพัก และข้อมูลการประเมินสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_{2peak}$ ) (ภาคผนวก ก)

## การวิเคราะห์ข้อมูล การศึกษาที่ 2

1. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (Statistical package for the social sciences: SPSS version 23)

2. นำผลที่ได้วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)

3. ทดสอบการแจกแจงเป็นแบบปกติ (Normality) ของตัวแปรตาม โดยใช้วิธีการทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way ANOVA repeated measurement (2x2)) ถ้าแต่ละกลุ่มแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี LSD ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือด ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และเปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล และนำมาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีทางสถิติแล้วจึงนำผลวิเคราะห์ข้อมูลเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอ ดังนี้

**การศึกษาที่ 1** เปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 1** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราการเต้นสูงสุด ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ การใช้พลังงาน และความสนุกสนานของกิจกรรมการออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 4** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงาน of หลอดเลือด ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**การศึกษาที่ 2** เปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 5** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 6** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 7** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 8** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการใช้พลังงาน ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 9** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 10** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

#### **สรุปจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย**

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยเป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>

การศึกษาที่ 1 ประกอบด้วยกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ จำนวน 12 คน และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจำนวน 12 คนรวมเป็น 24 คน ไม่พบการ drop out เมื่อเสร็จสิ้นงานวิจัยและผู้วิจัยมีคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตรงตามจำนวนการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาที่ 2 จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีกลุ่มตัวอย่างที่มีน้ำหนักปกติจำนวน 15 คนและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจำนวน 15 คนรวมเป็น 30 คน แต่ในการเก็บข้อมูลจริงพบว่า

กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจำนวนทั้งหมด 17 คน มีการ drop out จำนวน 3 คนเนื่องจากขาดการออกกำลังกายเกิน 20% จำนวน 1 คน และไม่เข้ารับการทดสอบหลังการทดลองจำนวน 2 คน จึงเหลือกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ จำนวน 14 คน

กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจำนวนทั้งหมด 15 คน มีการ drop out จำนวน 3 คนเนื่องจากขาดการออกกำลังกายเกิน 20% จำนวน 2 คน และไม่เข้ารับการทดสอบหลังการทดลองจำนวน 1 คน จึงเหลือกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง จำนวน 12 คน

ดังนั้นในการศึกษาที่ 2 จึงประกอบด้วยกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ จำนวน 14 คน และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจำนวน 12 คนรวมเป็นทั้งสิ้นจำนวน 26 คน



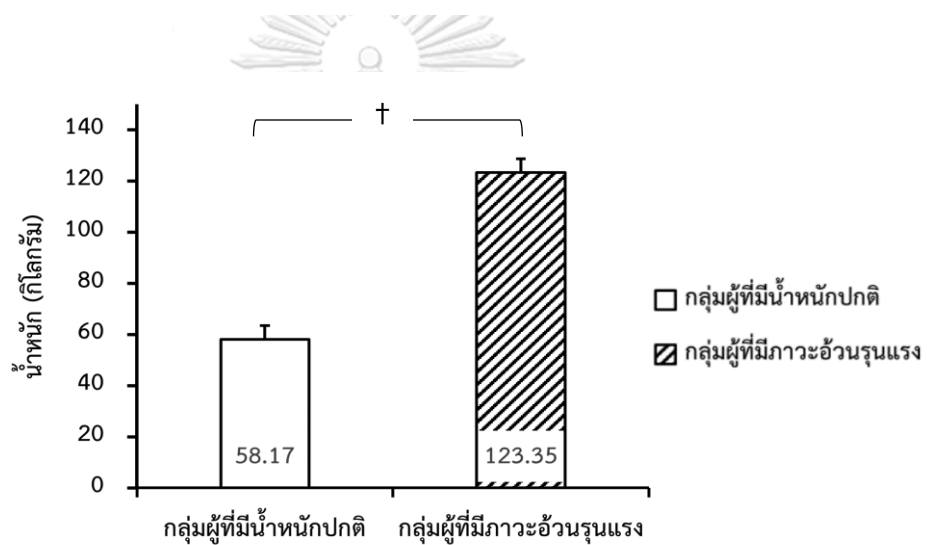
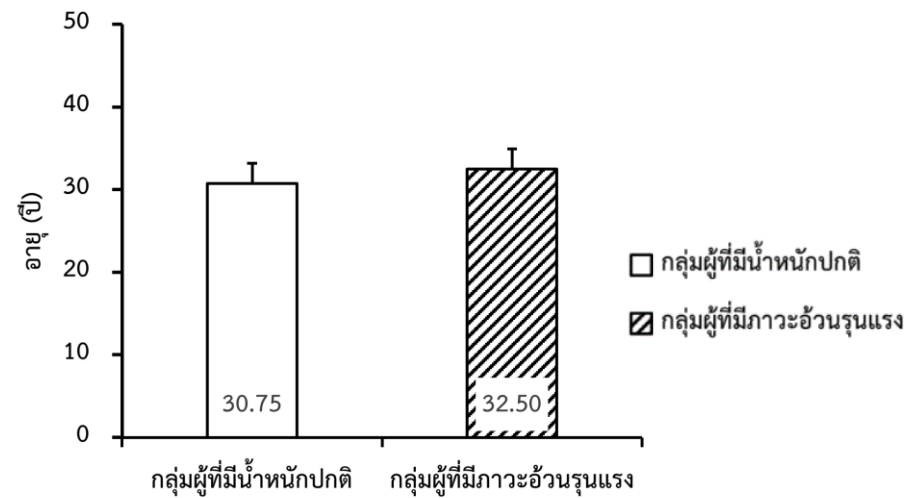
**การศึกษาที่ 1** เปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 1** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

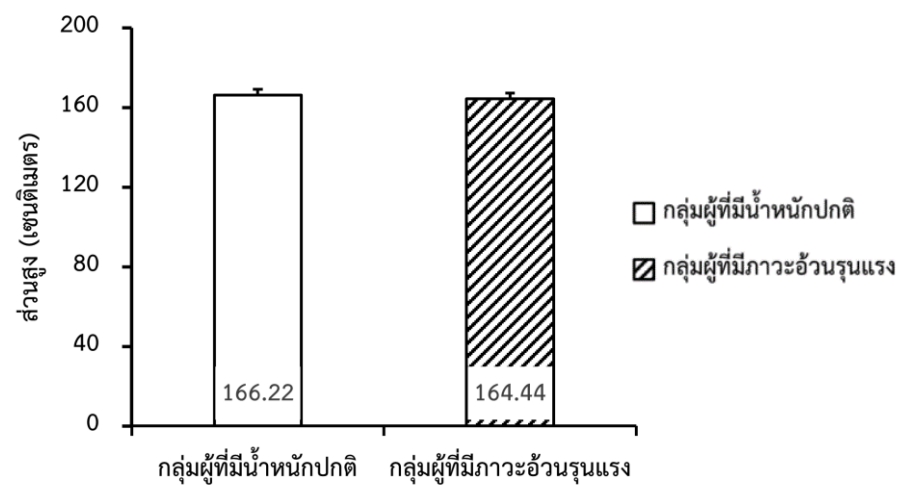
**ตารางที่ 5** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ตัวแปรด้านสรีรวิทยา	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=12)	กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)
	mean± SEM	mean± SEM
อายุ (ปี)	30.75±2.42	32.50±2.42
เพศ	ชาย=4, หญิง=8	ชาย=4, หญิง=8
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	58.17±5.34	123.35±5.34 <sup>†</sup>
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	161.22±2.88	164.44±2.88
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร <sup>2</sup> )	22.33±1.39	45.42±1.39 <sup>†</sup>
ไขมันร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	31.81±1.80	49.21±1.80 <sup>†</sup>
มวลไขมัน (กิโลกรัม)	17.45±2.77	58.70±2.77 <sup>†</sup>
มวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน (กิโลกรัม)	40.91±3.46	63.00±3.46 <sup>†</sup>
มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)	38.69±3.35	60.29±3.35 <sup>†</sup>
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	60.00±3.07	79.33±3.07 <sup>†</sup>
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	109.75±5.55	148.92±5.55 <sup>†</sup>
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	63.25±3.60	87.75±3.60 <sup>†</sup>
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	43.59±1.89	19.90±1.89 <sup>†</sup>

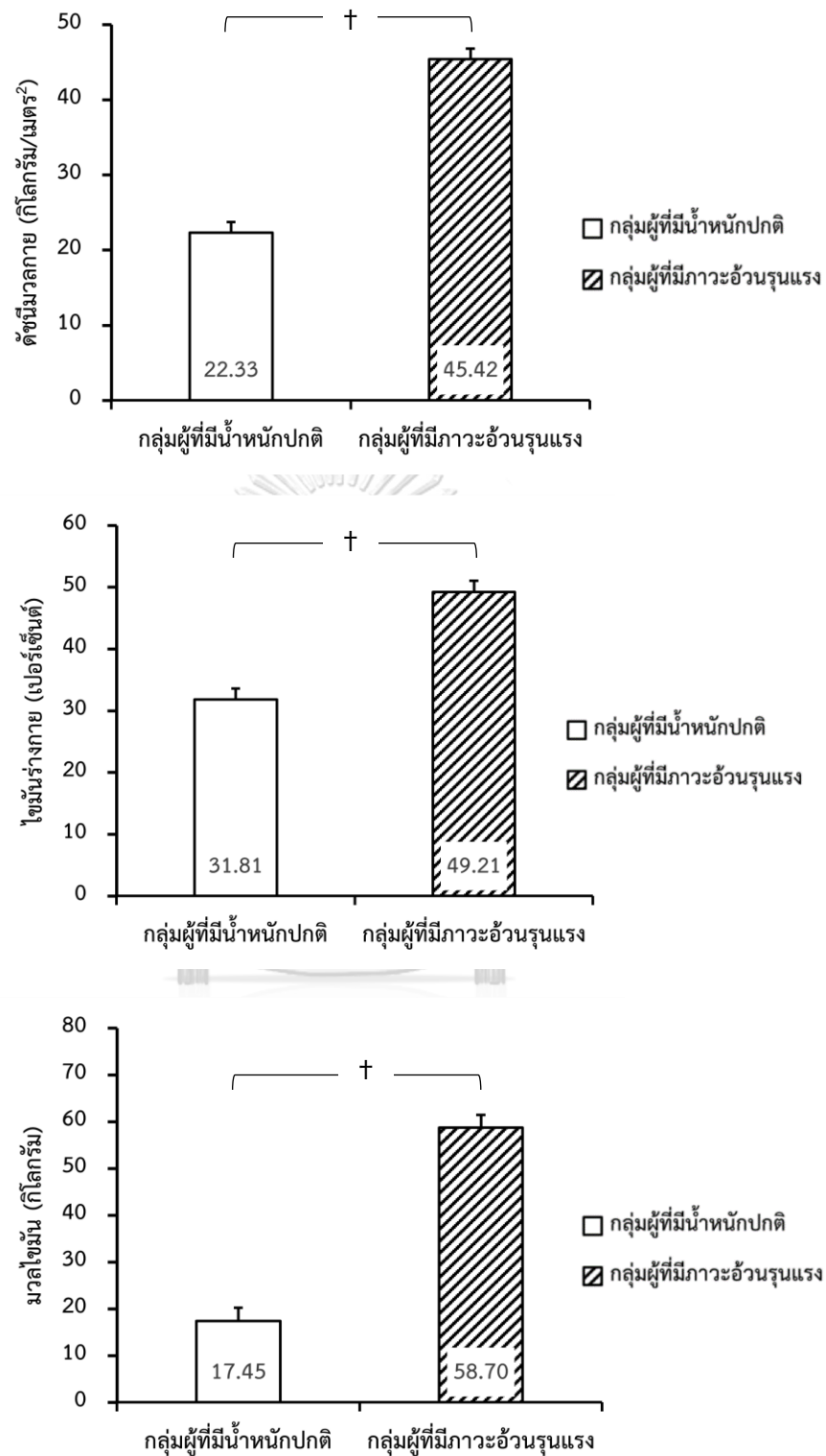
<sup>†</sup> p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



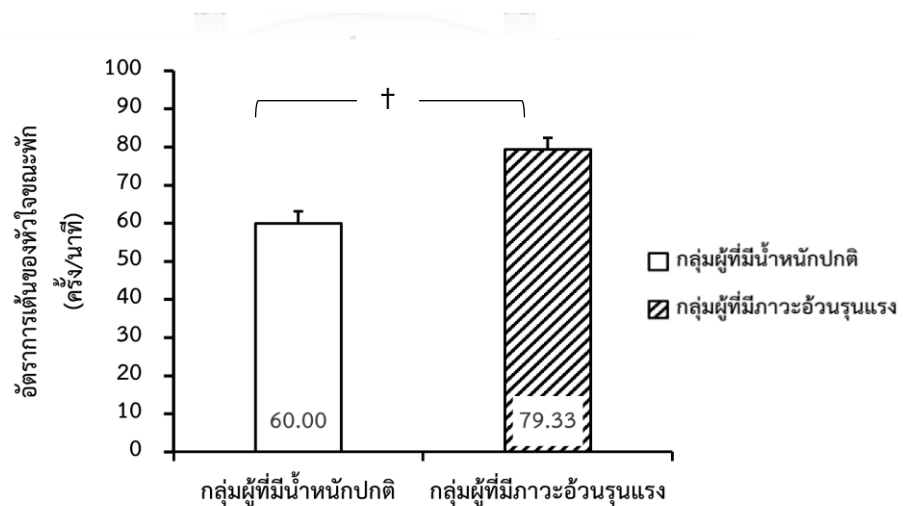
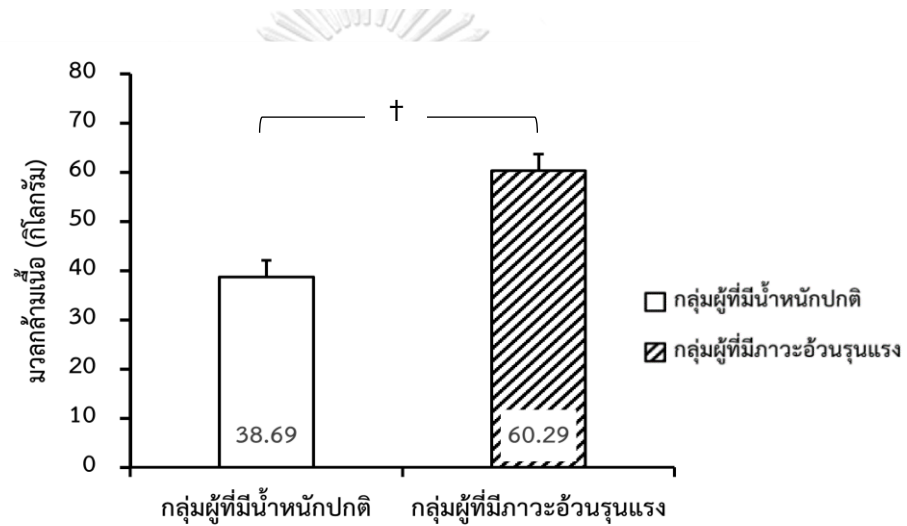
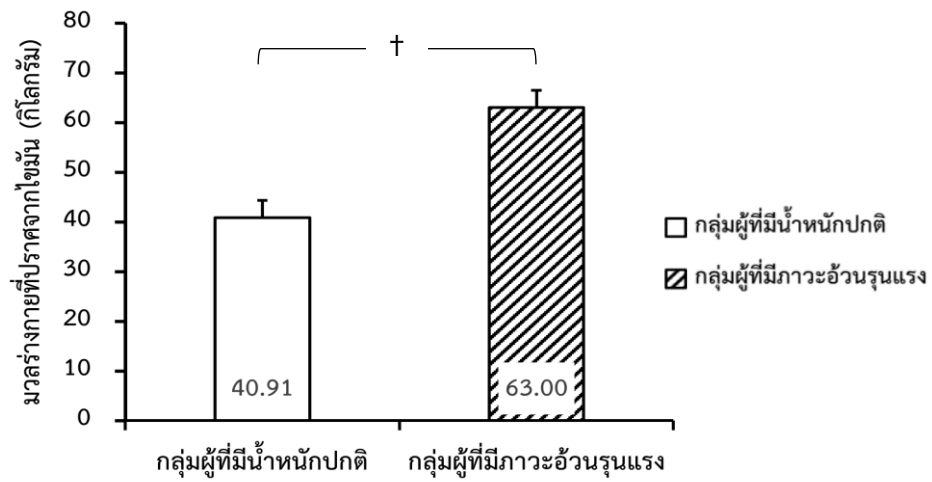
### จุพาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



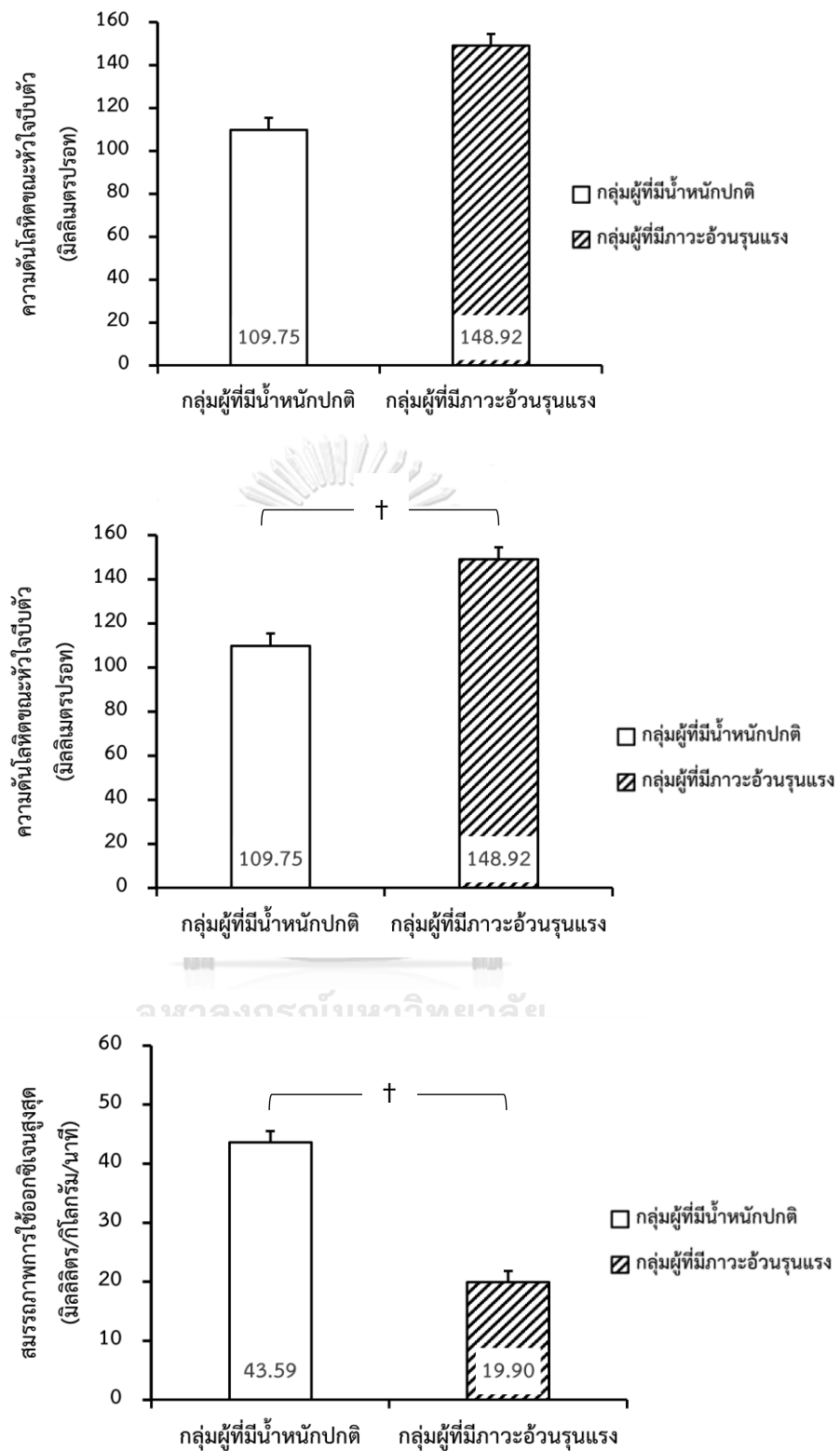
**รูปที่ 9** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา ก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้าน สรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)



รูปที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้าน สรีรวิทยาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนัปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้าน สรีรวิทยา ก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)



จากตารางที่ 5 และรูปที่ 9, 10, 11 และ 12 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการออกกำลังกายในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง มีค่าเฉลี่ยอายุ และส่วนสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าเฉลี่ย น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลไขมัน มวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวสูงกว่า และมีค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



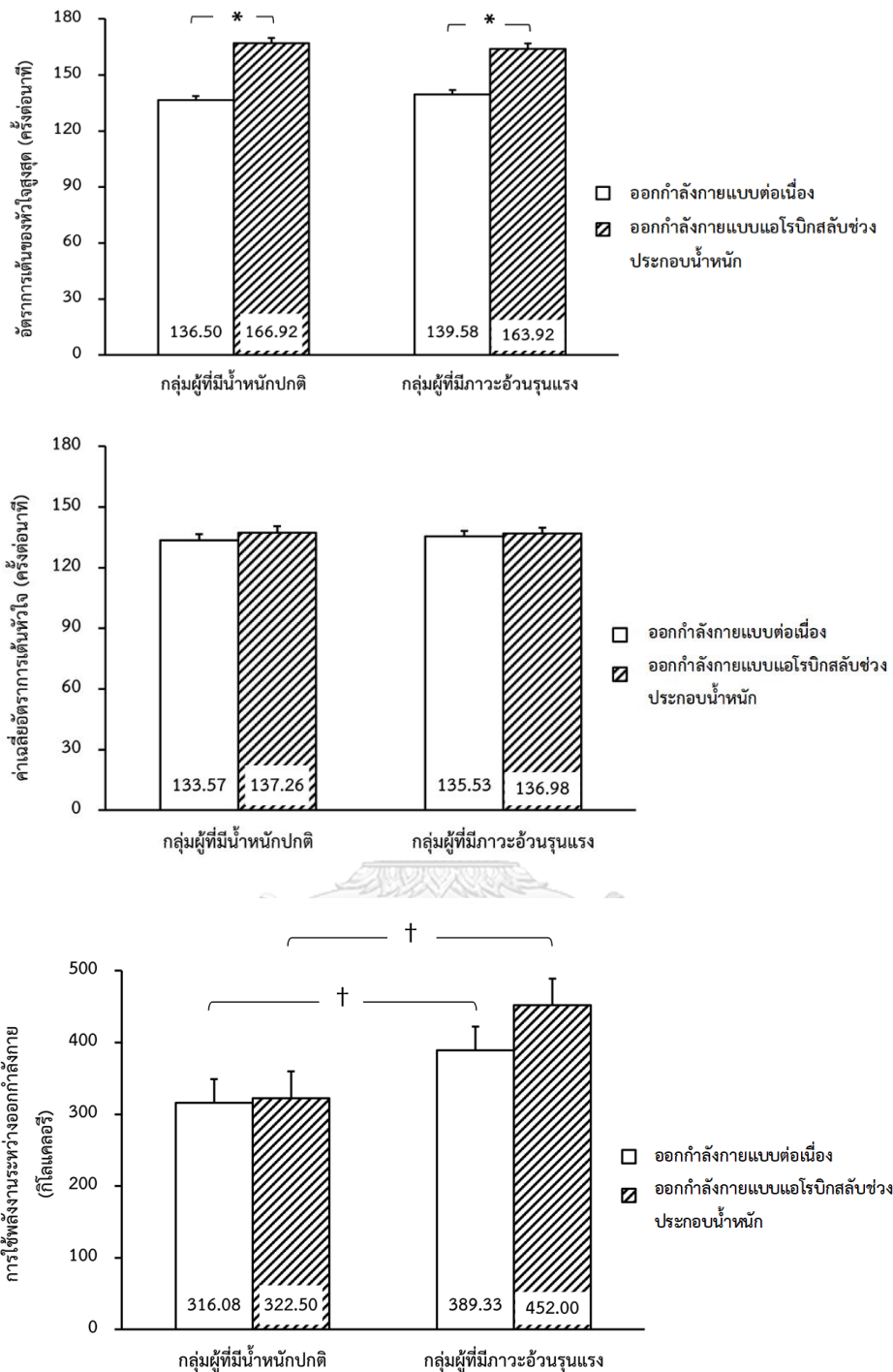
**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ การใช้พลังงาน และความสนุกสนานของกิจกรรมการออกกำลังกายระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตารางที่ 6** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ การใช้พลังงานระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

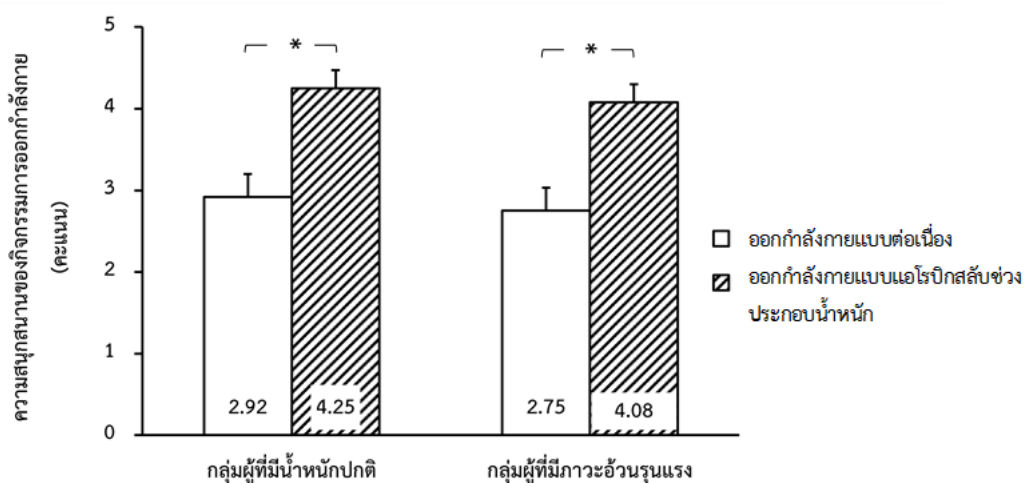
ตัวแปร	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=12)		กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)	
	ออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง	ออกกำลังกายแบบสลับช่วง	ออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง	ออกกำลังกายแบบสลับช่วง
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้งต่อนาที)	136.50±2.23	166.92±2.95*	139.58±2.23	163.92±2.95*
ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	133.57±2.95	137.26±3.22	135.53±2.56	136.98±2.78
การใช้พลังงานระหว่างออกกำลังกาย (กิโลแคลอรี)	319.08±32.80	322.50±37.10	389.33±32.80 <sup>†</sup>	452.00±37.10 <sup>†</sup>
ความสนุกสนานของกิจกรรมการออกกำลังกาย (คะแนน)	2.92±0.28	4.25±0.22*	2.75±0.28	4.08±0.22*

\*  $p < 0.05$  มีความแตกต่างระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก

<sup>†</sup>  $p < 0.05$  มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



**รูปที่ 13** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ การใช้พลังงานระหว่างออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



**รูปที่ 14** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราการเต้นสูงสุด ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ การใช้พลังงานระหว่างออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)

จากตารางที่ 6 และรูปที่ 13 และ 14 แสดงให้เห็นว่า ทั้งในกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสูงกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องกับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการใช้พลังงานระหว่างออกกำลังกายสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และทั้งกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงให้คะแนนความสนุกสนานของกิจกรรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสูงกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

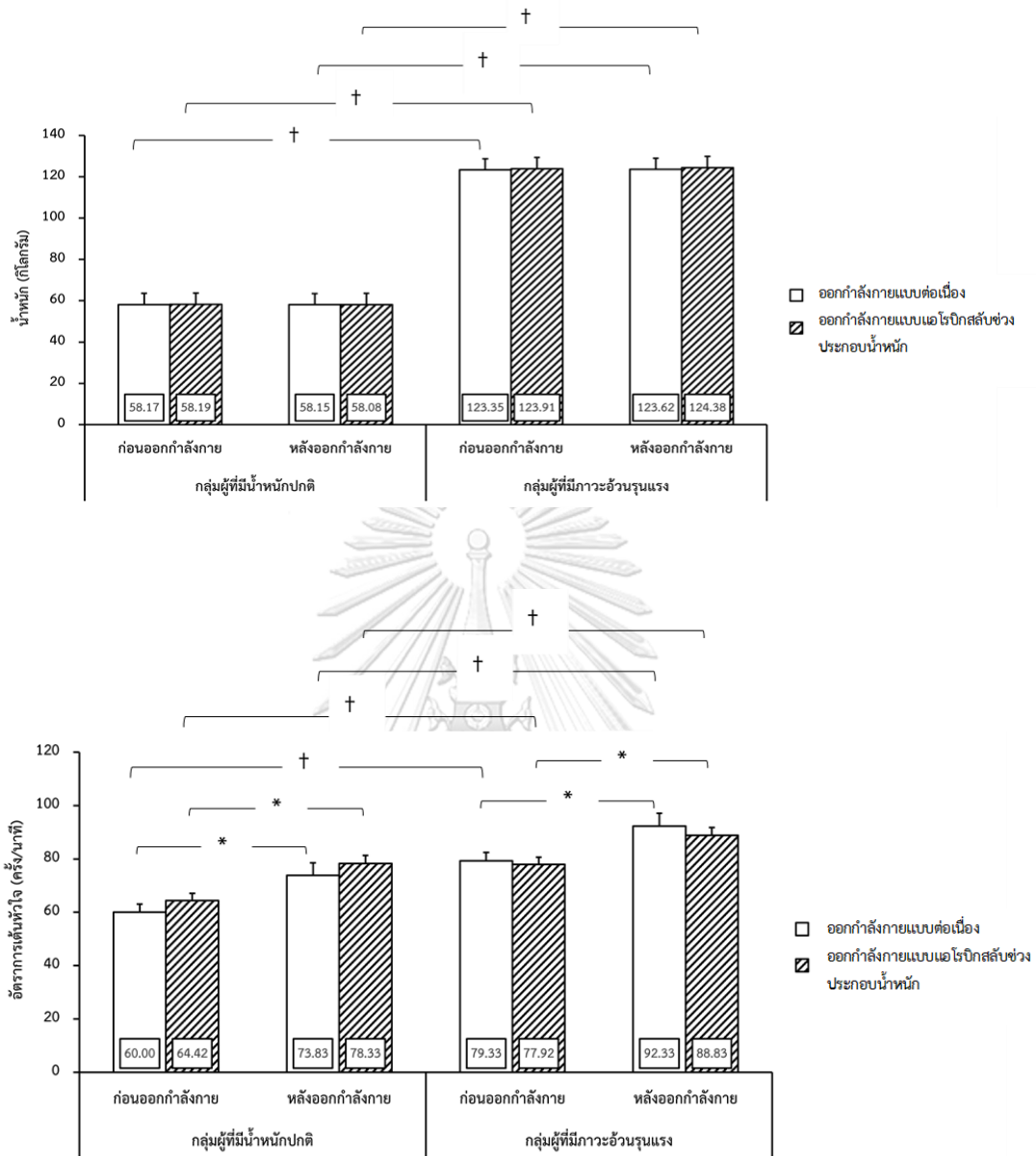
**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือด ระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตารางที่ 7** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือด ระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

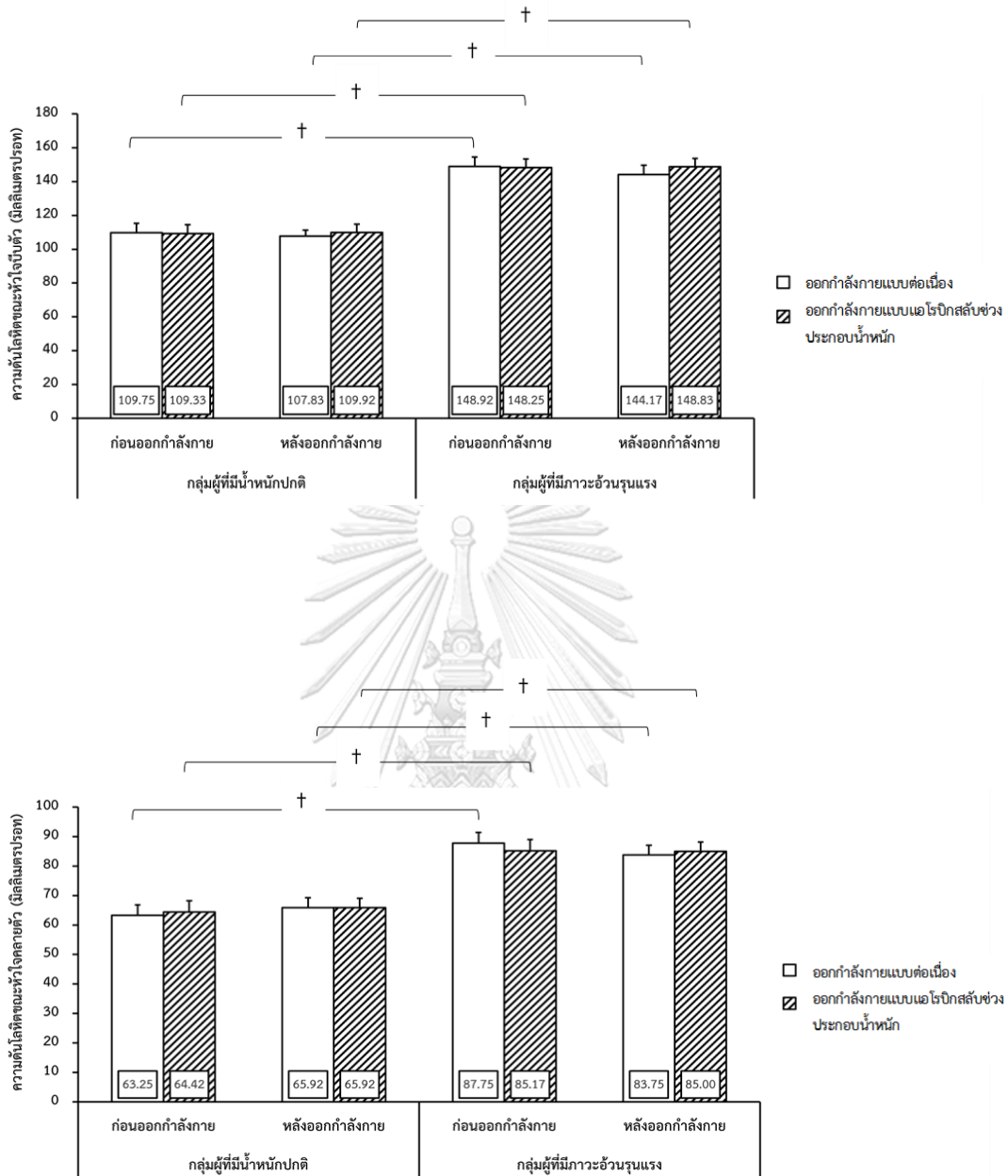
ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=12)															
	ออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง				ออกกำลังกายแบบสลับช่วง				ออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง				ออกกำลังกายแบบสลับช่วง			
	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	กาย	หลังออกกำลังกาย	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	กาย	หลังออกกำลังกาย	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	กาย	หลังออกกำลังกาย	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	กาย	หลังออกกำลังกาย
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	58.17±5.34	58.15±5.31	58.19±5.45	58.08±5.45	123.35±5.34 <sup>†</sup>	123.62±5.31 <sup>†</sup>	123.35±5.34 <sup>†</sup>	123.35±5.34 <sup>†</sup>	123.91±5.45 <sup>†</sup>	123.62±5.31 <sup>†</sup>	123.35±5.34 <sup>†</sup>	123.62±5.31 <sup>†</sup>	123.91±5.45 <sup>†</sup>	123.62±5.31 <sup>†</sup>	123.35±5.34 <sup>†</sup>	123.62±5.31 <sup>†</sup>
อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้ง/นาที)	60.00±3.07	73.83±4.70*	64.42±2.65	78.33±2.90*	79.33±3.07 <sup>†</sup>	92.33±4.70* <sup>†</sup>	79.33±3.07 <sup>†</sup>	92.33±4.70* <sup>†</sup>	77.92±2.65 <sup>†</sup>	92.33±4.70* <sup>†</sup>	77.92±2.65 <sup>†</sup>	92.33±4.70* <sup>†</sup>	77.92±2.65 <sup>†</sup>	92.33±4.70* <sup>†</sup>	77.92±2.65 <sup>†</sup>	92.33±4.70* <sup>†</sup>
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	109.75±5.55	107.83±3.39	109.33±5.09	109.92±4.79	148.92±5.55 <sup>†</sup>	144.17±5.40 <sup>†</sup>	148.92±5.55 <sup>†</sup>	144.17±5.40 <sup>†</sup>	148.25±5.09 <sup>†</sup>	144.17±5.40 <sup>†</sup>	148.25±5.09 <sup>†</sup>	144.17±5.40 <sup>†</sup>	148.25±5.09 <sup>†</sup>	144.17±5.40 <sup>†</sup>	148.25±5.09 <sup>†</sup>	144.17±5.40 <sup>†</sup>
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	63.25±3.60	65.92±3.28	64.42±3.82	65.92±3.15	87.75±3.60 <sup>†</sup>	83.75±3.28 <sup>†</sup>	87.75±3.60 <sup>†</sup>	83.75±3.28 <sup>†</sup>	85.17±3.82 <sup>†</sup>	83.75±3.28 <sup>†</sup>	85.17±3.82 <sup>†</sup>	83.75±3.28 <sup>†</sup>	85.17±3.82 <sup>†</sup>	83.75±3.28 <sup>†</sup>	85.17±3.82 <sup>†</sup>	83.75±3.28 <sup>†</sup>
ระดับแลคเตทในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)	2.64±0.17	3.80±0.27*	2.57±0.21	4.93±0.37*	2.87±0.17	4.28±0.27*	2.87±0.17	4.28±0.27*	2.87±0.21	4.28±0.27*	2.87±0.21	4.28±0.27*	2.87±0.21	4.28±0.27*	2.87±0.21	4.50±0.37*

\* p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย

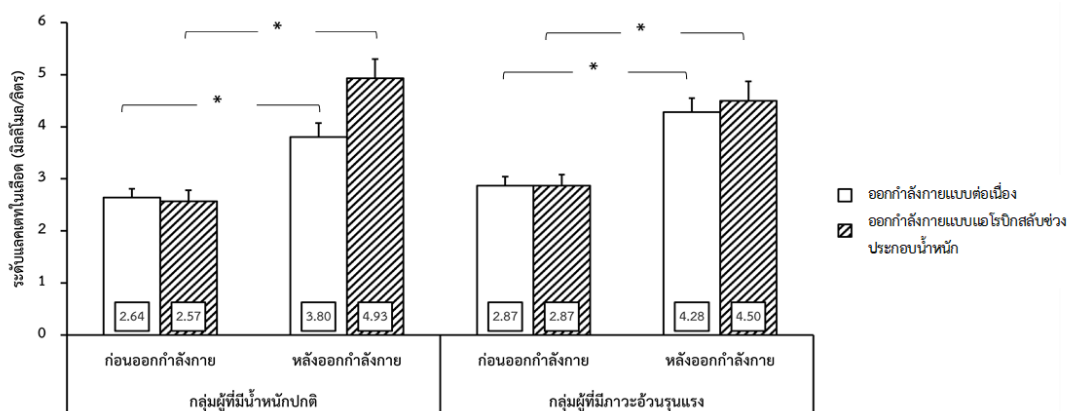
† p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



รูปที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



**รูปที่ 16** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักรัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนัปกปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)



**รูปที่ 17** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื้อและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)

จากตารางที่ 7 และรูปที่ 15, 16 และ 17 แสดงให้เห็นว่า ทั้งก่อนและหลังออกกำลังกายทั้งการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื้อกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีน้ำหนักตัว ความดันโลหิตขณะบีบตัว และความดันโลหิตขณะคลายตัวสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อัตราการเต้นหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกาย ทั้งการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื้อในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักทั้งการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื้อทั้งในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติสูงกว่าก่อนการฝึกออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และทั้งผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีระดับแลคเตทในเลือดสูงขึ้นทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายทั้งการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื้อ



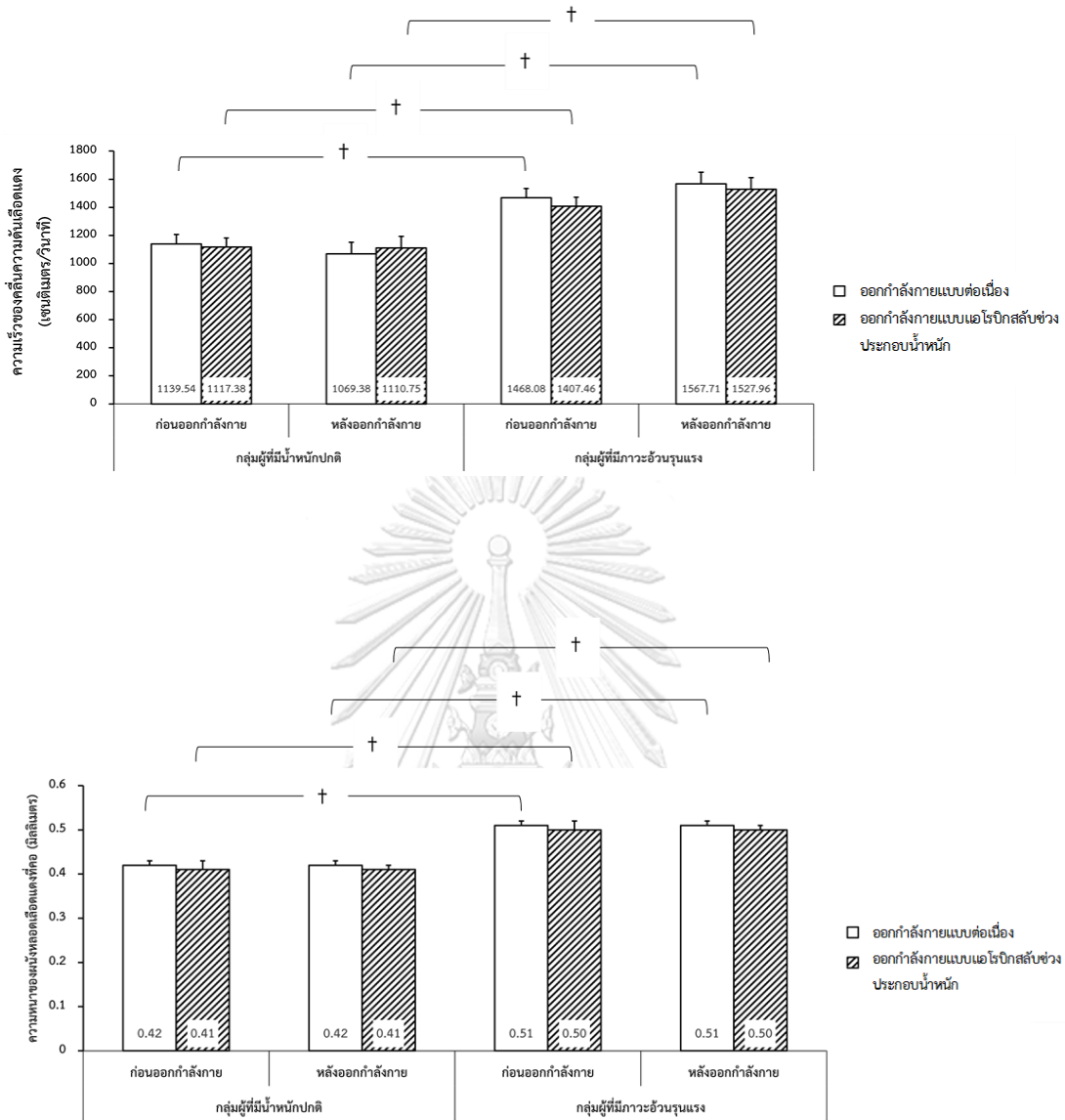
**ตอนที่ 4** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบสลับช่วง ในผู้ที่สูบน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตารางที่ 8** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบสลับช่วง ในผู้ที่สูบน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

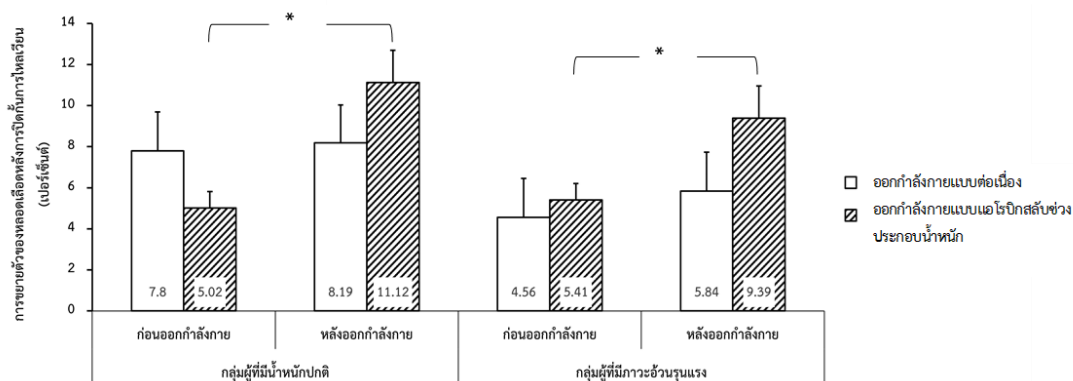
ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=12)				กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)			
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ความเร็วของคลื่นความถี่หลอดเลือดแดง (เซนติเมตร/วินาที)	1139.54±66.49	1069.38±81.85	1117.38±63.79	1110.75±82.99	1468.08±66.49 <sup>†</sup>	1567.71±81.85 <sup>†</sup>	1407.46±63.79 <sup>†</sup>	1527.96±82.99 <sup>†</sup>
ความหนาของผนังหลอดเลือดแดงที่คอ (มิลลิเมตร)	0.42±0.01	0.42±0.01	0.41±0.02	0.42±0.01	0.51±0.01 <sup>†</sup>	0.51±0.01 <sup>†</sup>	0.50±0.02 <sup>†</sup>	0.50±0.01 <sup>†</sup>
การขยายตัวของหลอดเลือดหลังการบีบรัดกล้ามเนื้อ	7.80±1.89	8.19±1.84	5.02±0.79	11.12±1.57*	4.56±1.89	5.84±1.86	5.41±0.79	9.39±1.57*

\* p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย

† p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



**รูปที่ 18** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



**รูปที่ 19** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)

จากตารางที่ 8 และรูปที่ 18 และ 19 แสดงให้เห็นว่า ความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงและความหนาของผนังหลอดเลือดแดงที่คอในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง แต่หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากก่อนออกกำลังกายทั้ง 2 กลุ่ม และการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นจากก่อนการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องทั้ง 2 กลุ่ม และไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ

**การศึกษาที่ 2** เปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตอนที่ 5** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

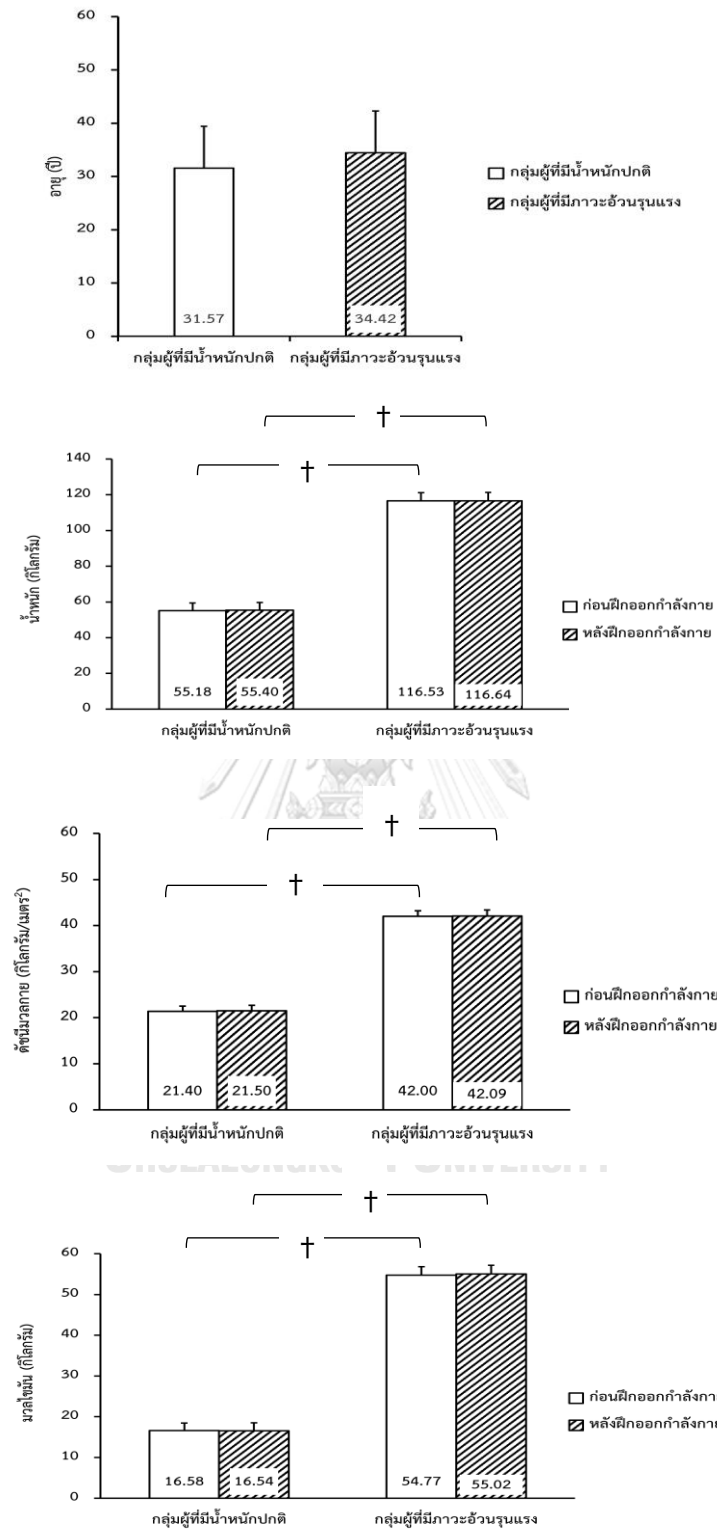
**ตารางที่ 9** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ตัวแปรด้าน สรีรวิทยา	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=14)		กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)	
	ก่อน ฝึกออกกำลังกาย	หลัง ฝึกออกกำลังกาย	ก่อน ฝึกออกกำลังกาย	หลัง ฝึกออกกำลังกาย
อายุ (ปี)	31.57±7.81		34.42±7.84	
เพศ	ชาย = 3 คน หญิง = 11 คน		ชาย = 3 คน หญิง = 9 คน	
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	55.18±4.27	55.40±4.27	116.53±4.61 <sup>†</sup>	116.64±4.62 <sup>†</sup>
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/)	21.40±1.12	21.50±1.20	42.00±1.21 <sup>†</sup>	42.09±1.30 <sup>†</sup>
มวลไขมัน (กิโลกรัม)	16.58±1.87	16.54±1.97	54.77±2.02 <sup>†</sup>	55.02±2.13 <sup>†</sup>
มวลไขมันบริเวณ ท้อง (กิโลกรัม)	7.51±1.03	7.48±0.97	28.29±1.11 <sup>†</sup>	27.47±1.05 <sup>†</sup>
ไขมันร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	31.65±1.67	31.49±1.78	48.45±1.80 <sup>†</sup>	48.59±1.93 <sup>†</sup>
ไขมันบริเวณท้อง (เปอร์เซ็นต์)	30.82±1.74	30.69±1.87	50.98±1.88 <sup>†</sup>	50.38±2.02 <sup>†</sup>
มวลร่างกายที่ ปราศจากไขมัน	0.70±0.02	0.70±0.02	0.53±0.02 <sup>†</sup>	0.53±0.02 <sup>†</sup>

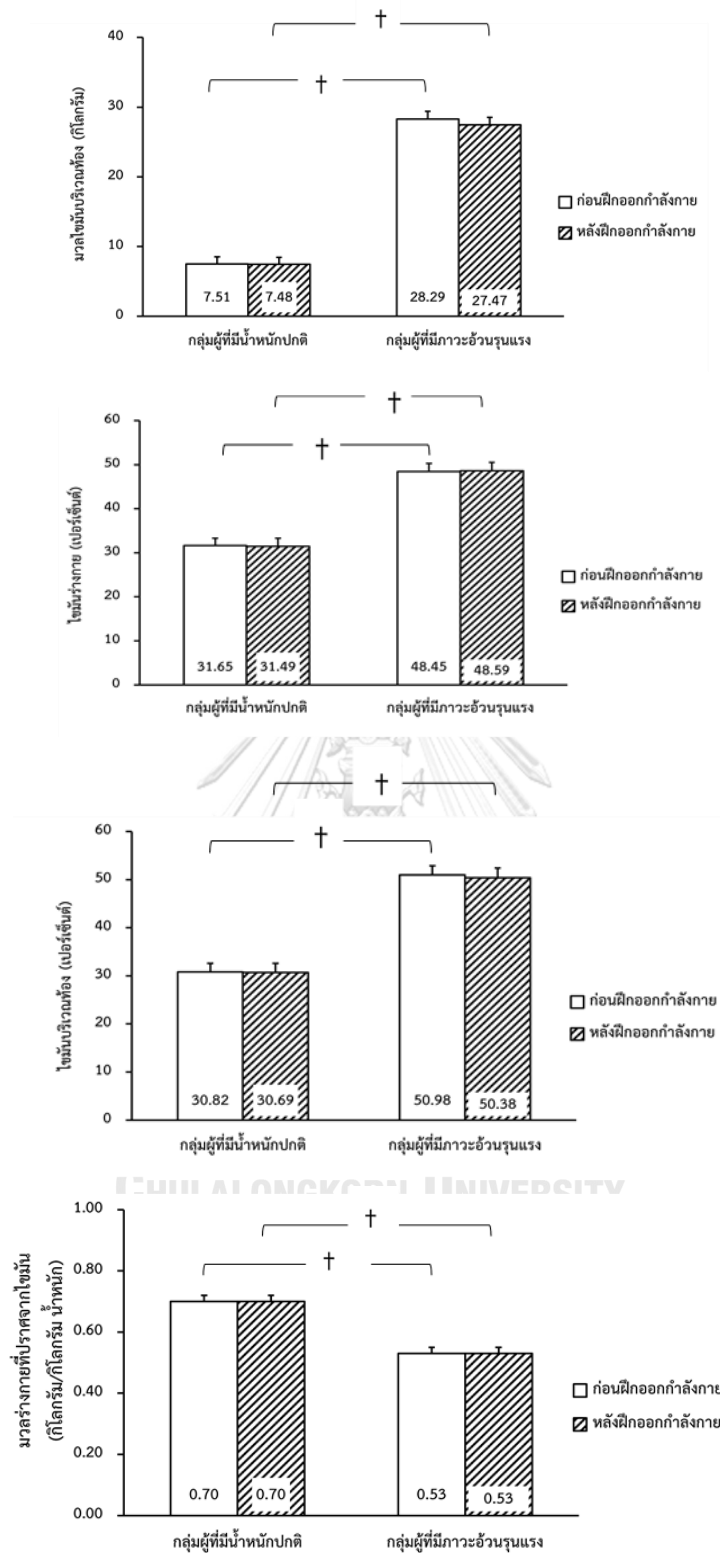
ตัวแปรด้าน สรีรวิทยา	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=14)		กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)	
	ก่อน ฝึกออกกำลังกาย	หลัง ฝึกออกกำลังกาย	ก่อน ฝึกออกกำลังกาย	หลัง ฝึกออกกำลังกาย
(กิโลกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว)				
มวลกล้ามเนื้อ	0.65±0.02	0.66±0.02	0.50±0.02 <sup>†</sup>	0.51±0.02* <sup>†</sup>
(กิโลกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว)				
มวลกระดูก (กิโลกรัม)	2.14±0.12	2.15±0.13	2.84±0.13 <sup>†</sup>	2.90±0.14* <sup>†</sup>
ความหนาแน่นของ มวลกระดูก (กรัม/ ตารางเซนติเมตร)	1.14±0.03	1.14±0.03	1.31±0.03 <sup>†</sup>	1.33±0.03 <sup>†</sup>
สัดส่วนเอว- สะโพก	1.87±0.07	1.89±0.07	2.15±0.07 <sup>†</sup>	2.17±0.07 <sup>†</sup>
อัตราการเต้นของ หัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	70.29±3.40	69.00±3.39	76.58±3.68	77.33±3.66
ความดันโลหิต ขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	112.00±5.93	110.29±6.80	151.42±6.41	156.25±7.34
ความดันโลหิต ขณะหัวใจคลาย ตัว (มิลลิเมตร ปรอท)	66±3.54	63.00±3.36	84.75±3.82	84.58±3.63

\* p < .05 มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย

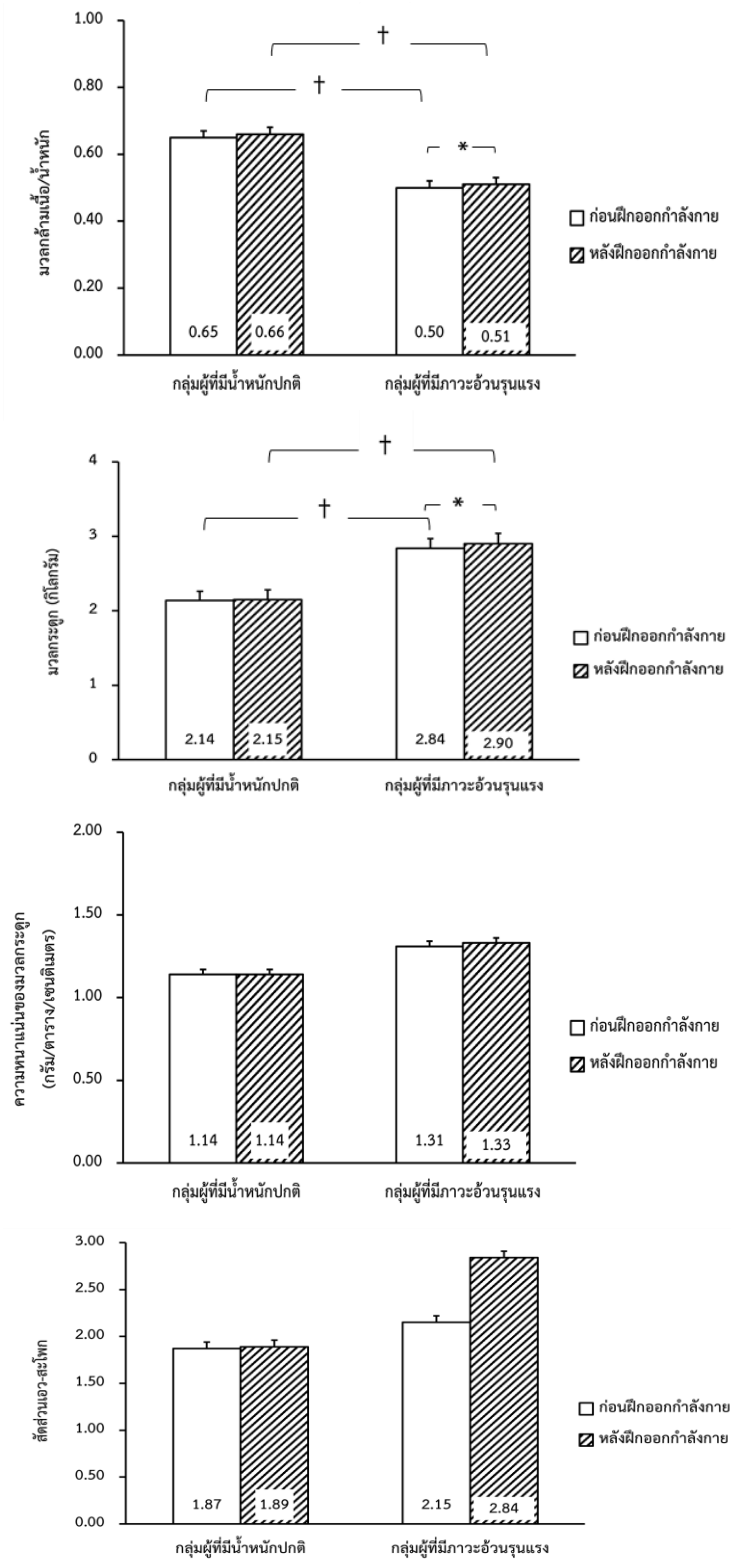
† p < .05 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



**รูปที่ 20** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

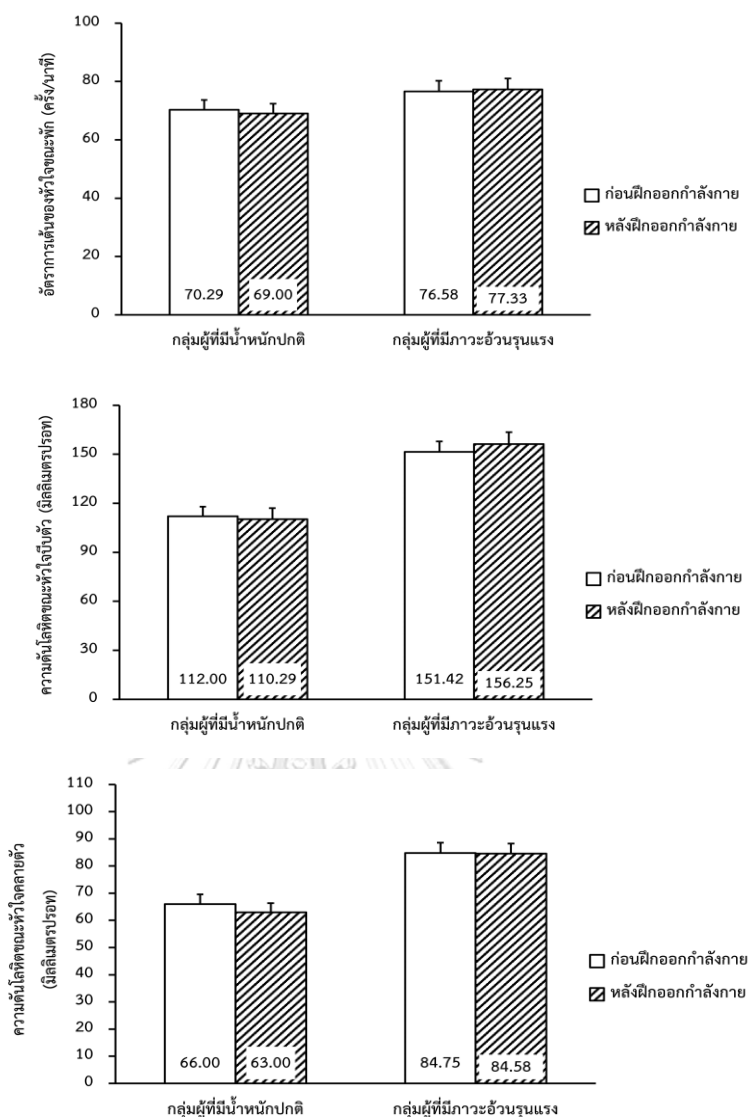


**รูปที่ 21** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และ องค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของ กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)



**รูปที่ 22** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และ องค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของ กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)





**รูปที่ 23** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา และองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)

จากตารางที่ 9 และรูปที่ 20, 21, 22 และ 23 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน มวลไขมันบริเวณท้อง เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันบริเวณท้อง มวลกระดูก ความหนาแน่นของมวลกระดูก และสัดส่วนเอว-สะโพก สูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 มวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน และมวลกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัวในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และหลังจากการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง

ประกอบน้ำหนักพบว่า กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีมวลกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัว และมวลกระดูกเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ในกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีองค์ประกอบของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



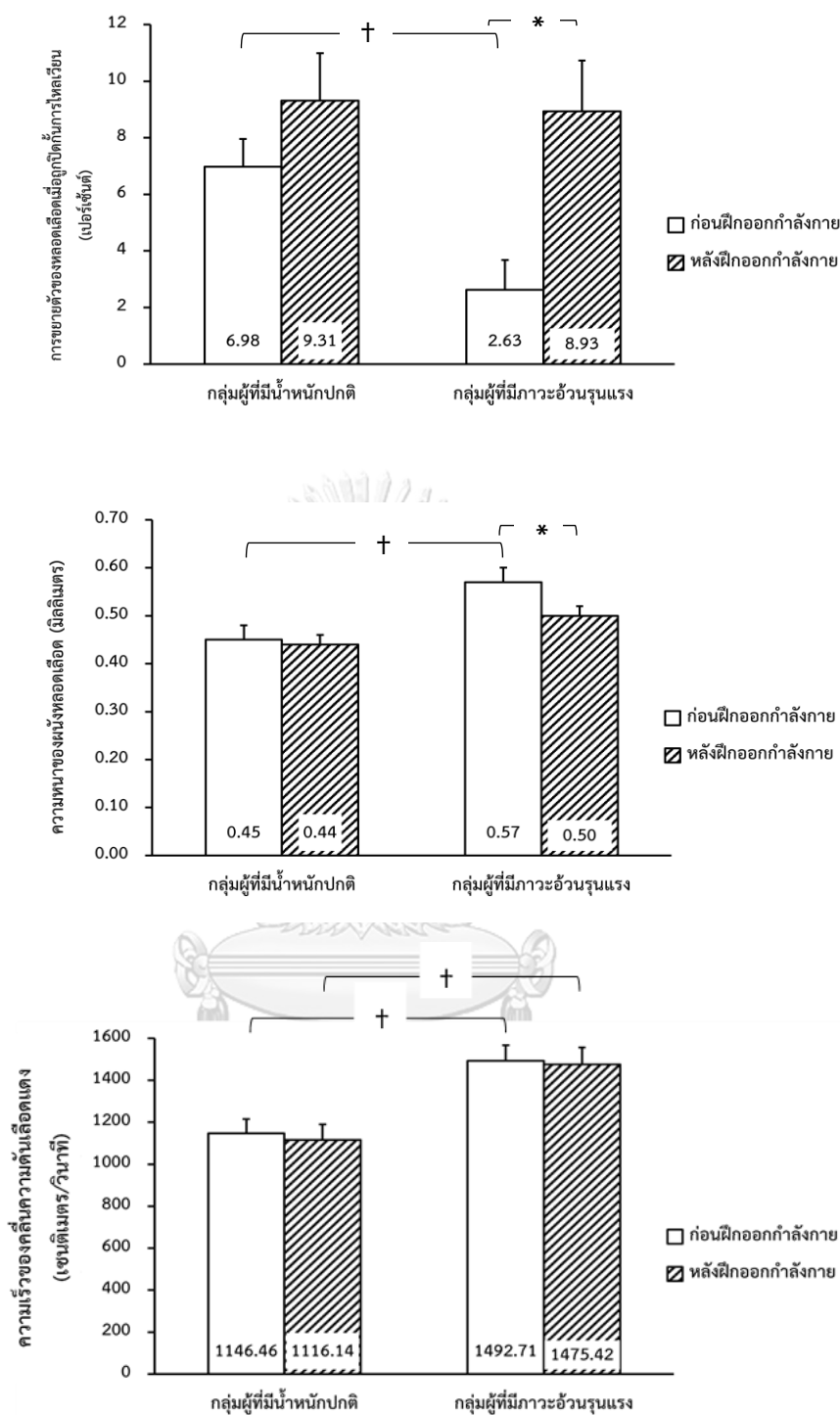
**ตอนที่ 6** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตารางที่ 10** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ตัวแปรด้านการทำงาน ของหลอดเลือด	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=14)		กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	ฝึกออกกำลังกาย	ฝึกออกกำลังกาย	ฝึกออกกำลังกาย	ฝึกออกกำลังกาย
การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (เปอร์เซ็นต์)	6.98±0.97	9.31±1.67	2.63±1.05 <sup>†</sup>	8.93±1.80*
ความหนาของผนังหลอดเลือด (มิลลิเมตร)	0.45±0.03	0.44±0.02	0.57±0.03 <sup>†</sup>	0.50±0.02*
ความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง (เซนติเมตร/วินาที)	1146.46±68.64	1116.14±73.69	1492.71±74.14*	1475.42±79.59*

\* p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย

† p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



**รูปที่ 24** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรวม 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนัปกปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

จากตารางที่ 10 และรูปที่ 24 แสดงให้เห็นว่าก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้น การไหลเวียน น้อยกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่หลังการฝึกออก กำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ส่วนความหนาของผนังหลอดเลือด และ ความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก กลุ่มที่มีภาวะอ้วนรุนแรงสูงกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และหลังการฝึก ออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักก็ยังพบว่ากลุ่มที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความเร็วของ คลื่นความดันเลือดแดงสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักพบว่าหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วน รุนแรงมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ 0.05 และมีความหนาของผนังหลอดเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ไม่พบ ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง ส่วนกลุ่มผู้ที่มี น้ำหนักปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอด เลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน ความหนาของผนังหลอดเลือด และความเร็วของคลื่นความดันเลือด แดง

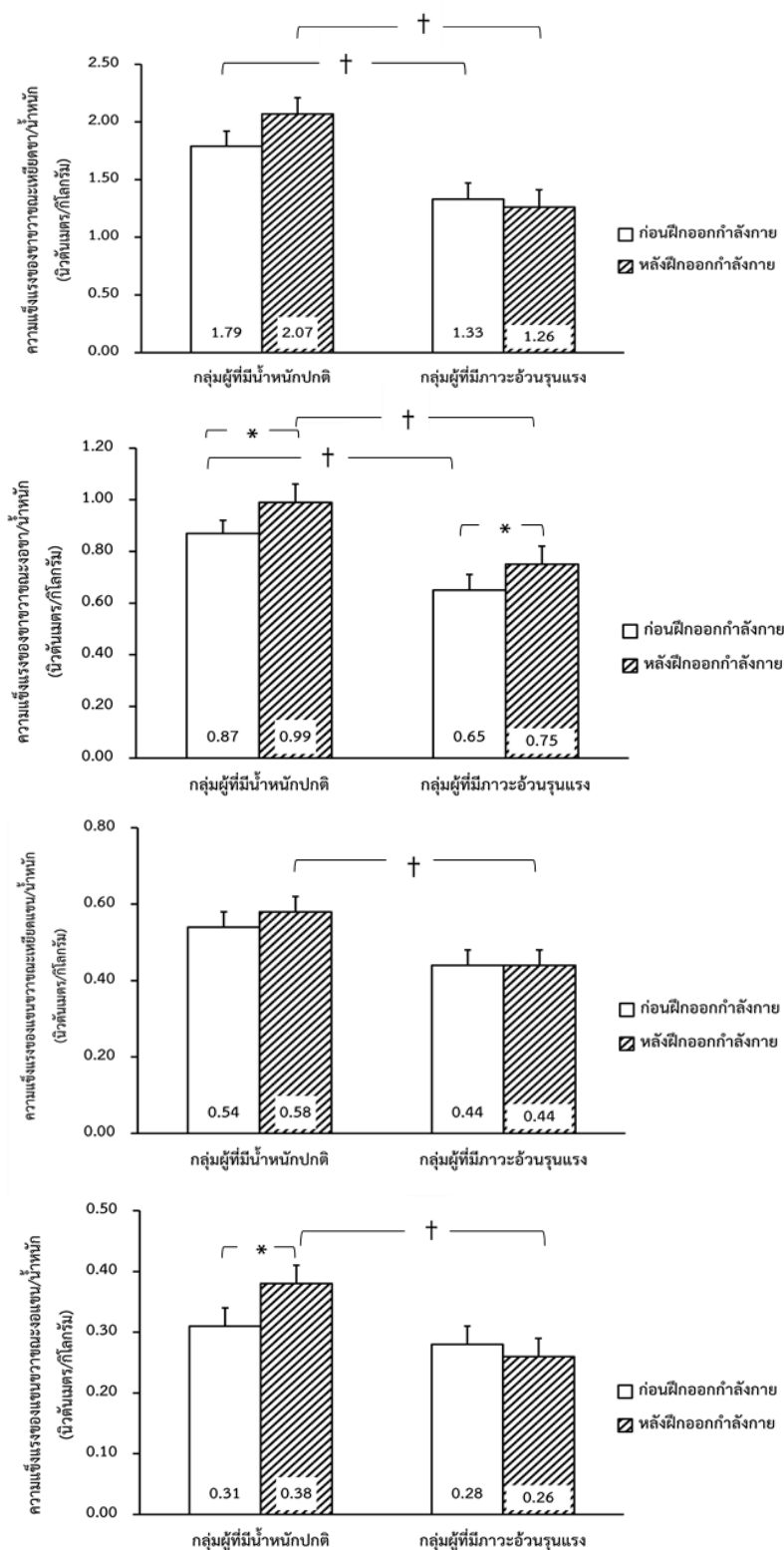
**ตอนที่ 7** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตารางที่ 11** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

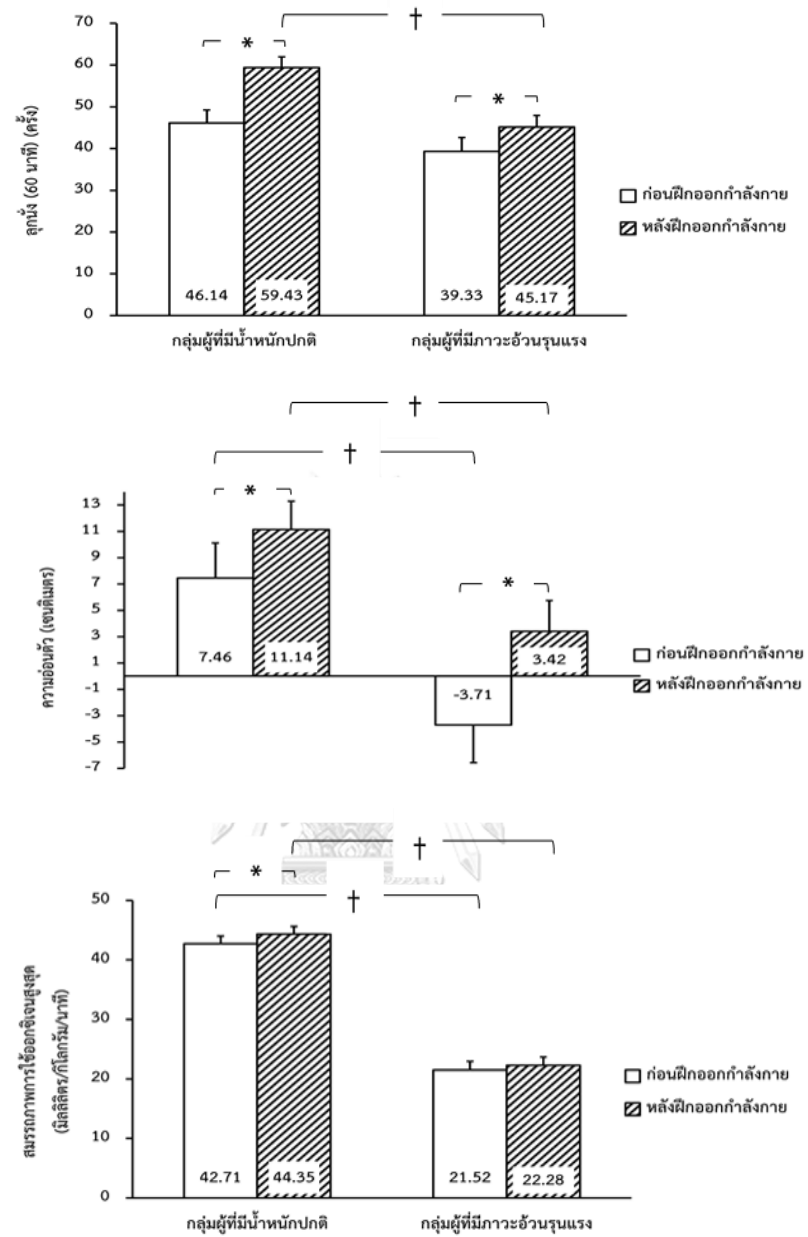
ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=14)		กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	ฝึกออกกำลังกาย	ฝึกออกกำลังกาย	ฝึกออกกำลังกาย	ฝึกออกกำลังกาย
ความแข็งแรงของขาขณะเหยียดขา/น้ำหนัก (นิวตันเมตร/กิโลกรัม)	1.79±0.13	2.07±0.14	1.33±0.14 <sup>†</sup>	1.26±0.15 <sup>†</sup>
ความแข็งแรงของขาขณะงอขา/น้ำหนัก (นิวตันเมตร/กิโลกรัม)	0.87±0.05	0.99±0.07*	0.65±0.06 <sup>†</sup>	0.75±0.07* <sup>†</sup>
ความแข็งแรงของแขนขณะเหยียดแขน/น้ำหนัก (นิวตันเมตร/กิโลกรัม)	0.54±0.04	0.58±0.04	0.44±0.04	0.44±0.04 <sup>†</sup>
ความแข็งแรงของแขนขณะงอแขน/น้ำหนัก (นิวตันเมตร/กิโลกรัม)	0.31±0.03	0.38±0.03*	0.28±0.03	0.26±0.03 <sup>†</sup>
ลูกนั่ง (60 นาที) (ครั้ง)	46.14±3.05	59.43±2.54*	39.33±3.29	45.17±2.75* <sup>†</sup>
ความอ่อนตัว (เซนติเมตร)	7.46±2.65	11.14±2.16*	-3.71±2.86 <sup>†</sup>	3.42±2.33* <sup>†</sup>
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	42.71±1.29	44.35±1.28*	21.52±1.39 <sup>†</sup>	22.28±1.39 <sup>†</sup>

\*  $p < 0.05$  มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย

<sup>†</sup>  $p < 0.05$  มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



รูปที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



รูปที่ 26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)



จากตารางที่ 11 รูปที่ 25 และ 26 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราส่วนของความแข็งแรงของขาขวาขณะเหยียดขา และงอขาต่อน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และพบว่าหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงในกลุ่มที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติอัตราส่วนของความแข็งแรงของขาขวาขณะงอขาต่อน้ำหนักสูงขึ้นกว่าก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนเหยียดแขน และงอแขนต่อน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีอัตราส่วนของความแข็งแรงของแขนขณะงอแขนต่อน้ำหนักสูงขึ้นจากก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

การลุกนั่ง 60 วินาทีพบว่าทั้งกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีจำนวนครั้งการลุกนั่งที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีจำนวนการลุกนั่งน้อยกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักปกติหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนความอ่อนตัวพบว่าหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักทั้งกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีความอ่อนตัวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความอ่อนตัวน้อยกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติสูงขึ้นหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แต่ในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ากลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

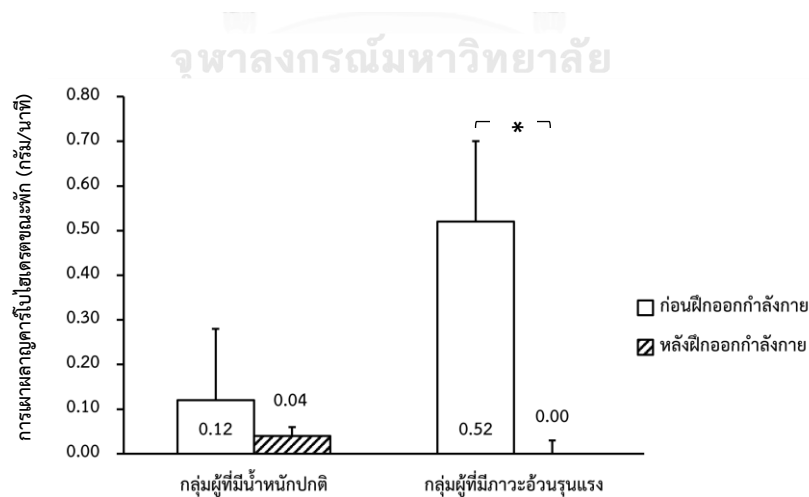
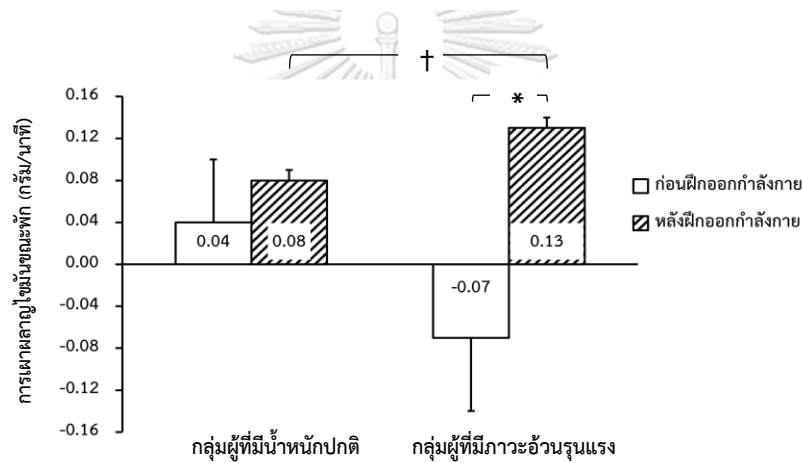
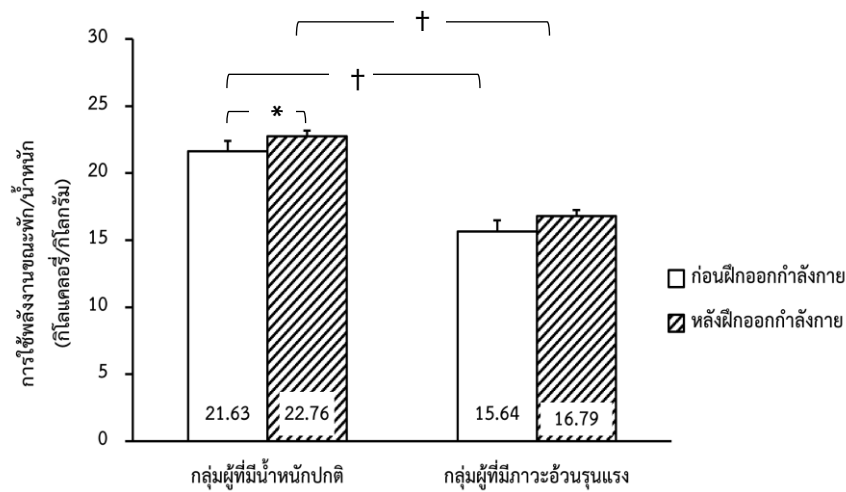
**ตอนที่ 8** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการใช้พลังงาน ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตารางที่ 12** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านการใช้พลังงาน ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ตัวแปรด้านการใช้พลังงาน	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=14)		กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)	
	ก่อนฝึกออกกำลังกาย	หลังฝึกออกกำลังกาย	ก่อนฝึกออกกำลังกาย	หลังฝึกออกกำลังกาย
การใช้พลังงานขณะพัก/น้ำหนัก (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	21.63±0.73	22.76±0.65*	15.64.82 <sup>†</sup>	16.79±0.73 <sup>†</sup>
การเผาผลาญไขมันขณะพัก (กรัม/นาทีก)	0.04±0.06	0.08±0.01	-0.07±0.07	0.13±0.01* <sup>†</sup>
การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะพัก (กรัม/นาทีก)	0.12±0.16	0.04±0.02	0.52±0.18	0.00±0.03*
การรับประทานอาหารใน 1 วัน (กิโลแคลอรี)	1191.00±47.40	1177.86±26.17	1169.71±81.50	1167.00±66.26

\* p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย

† p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



รูปที่ 27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านการใช้พลังงาน ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

จากตารางที่ 11 รูปที่ 27 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้มีน้ำหนักปกติหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักต่อน้ำหนักสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่พบการเปลี่ยนแปลงจากก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าทั้งก่อนและหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วงกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักต่อน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 การเผาผลาญไขมันขณะพักพบว่า หลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเผาผลาญไขมันขณะพักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ในกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่พบความแตกต่างจากก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และอัตราการเผาผลาญไขมันในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะพัก พบว่าหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะพักต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ในกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่พบความแตกต่างจากก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบความแตกต่างของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะพักระหว่างกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

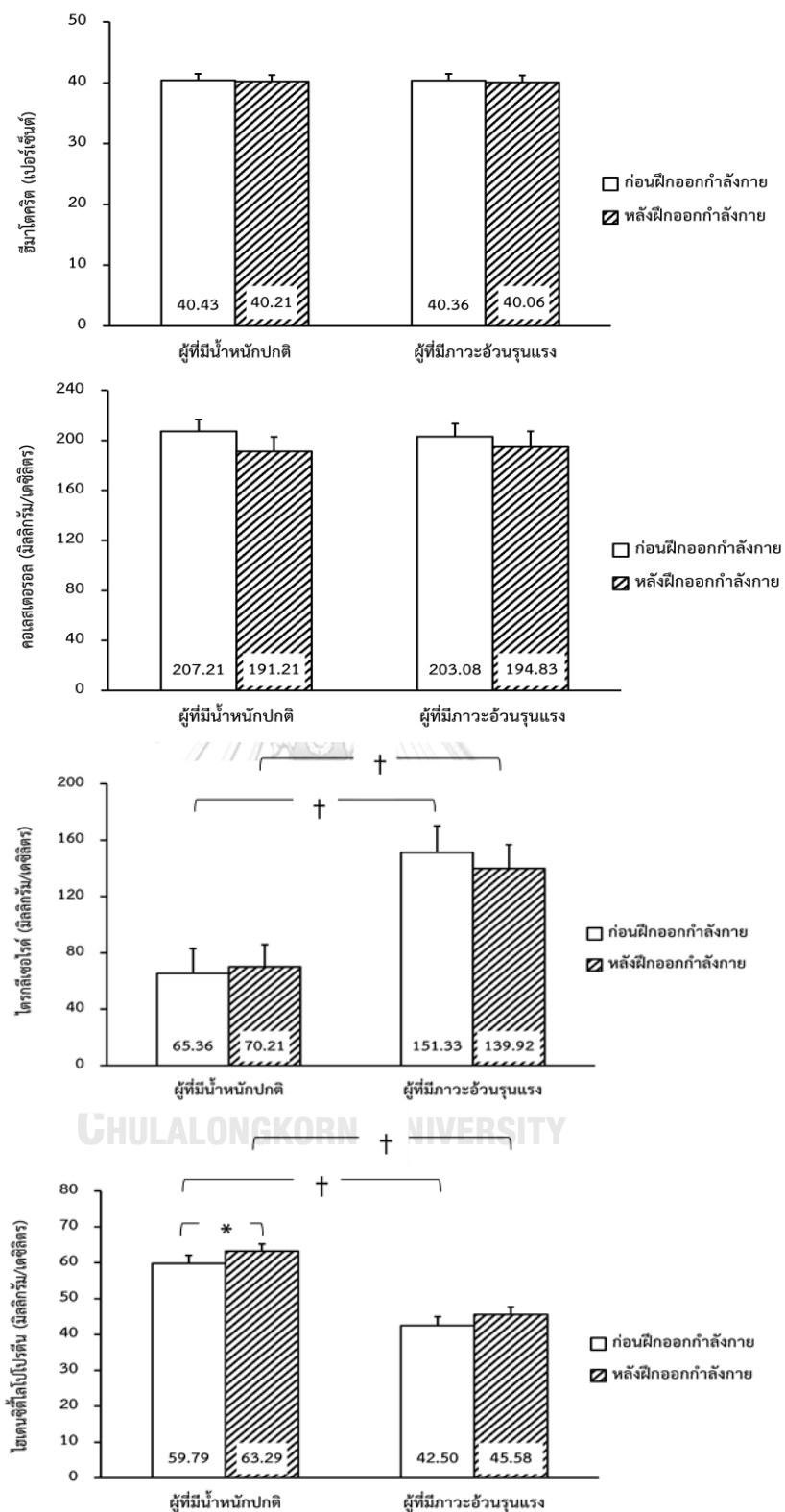
**ตอนที่ 9** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตารางที่ 13** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

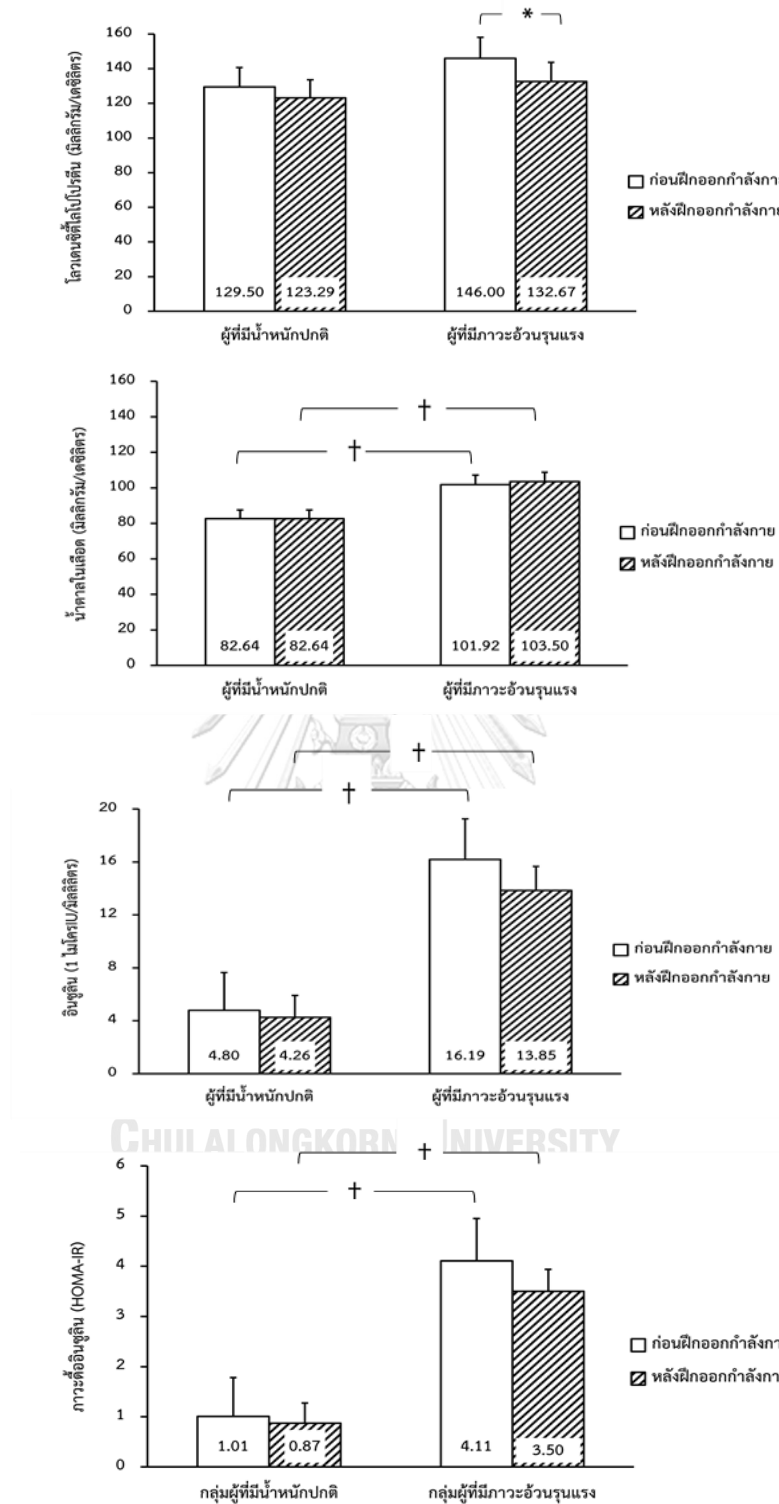
ตัวแปรด้านสารชีวเคมี ในเลือด	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=14)		กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)	
	ก่อนฝึก	หลังฝึก	ก่อนฝึก	หลังฝึก
	ออกกำลังกาย	ออกกำลังกาย	ออกกำลังกาย	ออกกำลังกาย
ฮีมาโตคริต (เปอร์เซ็นต์)	40.43±1.01	40.21±1.04	40.36±1.09	40.06±1.13
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม/ เดซิลิตร)	207.21±9.57	191.21±11.46	203.08±10.34	194.83±12.37
ไตรกลีเซอไรด์ (มิลลิกรัม/ เดซิลิตร)	65.36±17.50	79.21±15.60	151.33±18.90 <sup>†</sup>	139.92±16.85 <sup>†</sup>
ไฮเดนซิติโลโปโปรตีน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	59.79±2.30	63.29±1.94*	42.50±2.48 <sup>†</sup>	45.58±2.10 <sup>†</sup>
โลวเดนซิติโลโปโปรตีน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	129.50±11.24	123.29±10.24	146.00±12.14	132.67±11.06*
น้ำตาลในเลือด (มิลลิกรัม/ เดซิลิตร)	82.64±4.92	82.64±4.88	101.92±5.31 <sup>†</sup>	103.50±5.27 <sup>†</sup>
อินซูลิน (1 ไมโครIU/ มิลลิลิตร)	4.80±2.84	4.26±1.66	16.19±3.07 <sup>†</sup>	13.85±1.80 <sup>†</sup>
ภาวะดื้ออินซูลิน (HOMA- IR)	1.01±0.77	0.87±0.40	4.11±0.84 <sup>†</sup>	3.50±0.44 <sup>†</sup>
เลปติน (นาโนกรัม/ มิลลิลิตร)	23.28±3.42	13.83±3.27*	57.27±3.70 <sup>†</sup>	52.16±3.54 <sup>†</sup>
อะดีพอนectin (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	7995.46±979.72	10703.20±1224.42*	5655.32±1058.22	6181.53±1322.53 <sup>†</sup>
ไนตริกออกไซด์ (ไมโคร โมล)	41.67±6.28	49.03±6.96	76.49±6.78 <sup>†</sup>	81.69±7.52 <sup>†</sup>
เกรลิน (พิโก/มิลลิกรัม)	192.43±32.10	153.43±24.20	42.33±34.68 <sup>†</sup>	56.50±26.13 <sup>†</sup>
วิสแพทติน (นาโนกรัม/ มิลลิลิตร)	22.39±11.13	19.34±7.33	20.20±12.03	6.23±7.92
มาลอนไดแอลดีไฮด์ (ไมโครโมล)	0.42±0.13	0.23±0.04	0.32±0.14	0.38±0.05 <sup>†</sup>

\* p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย

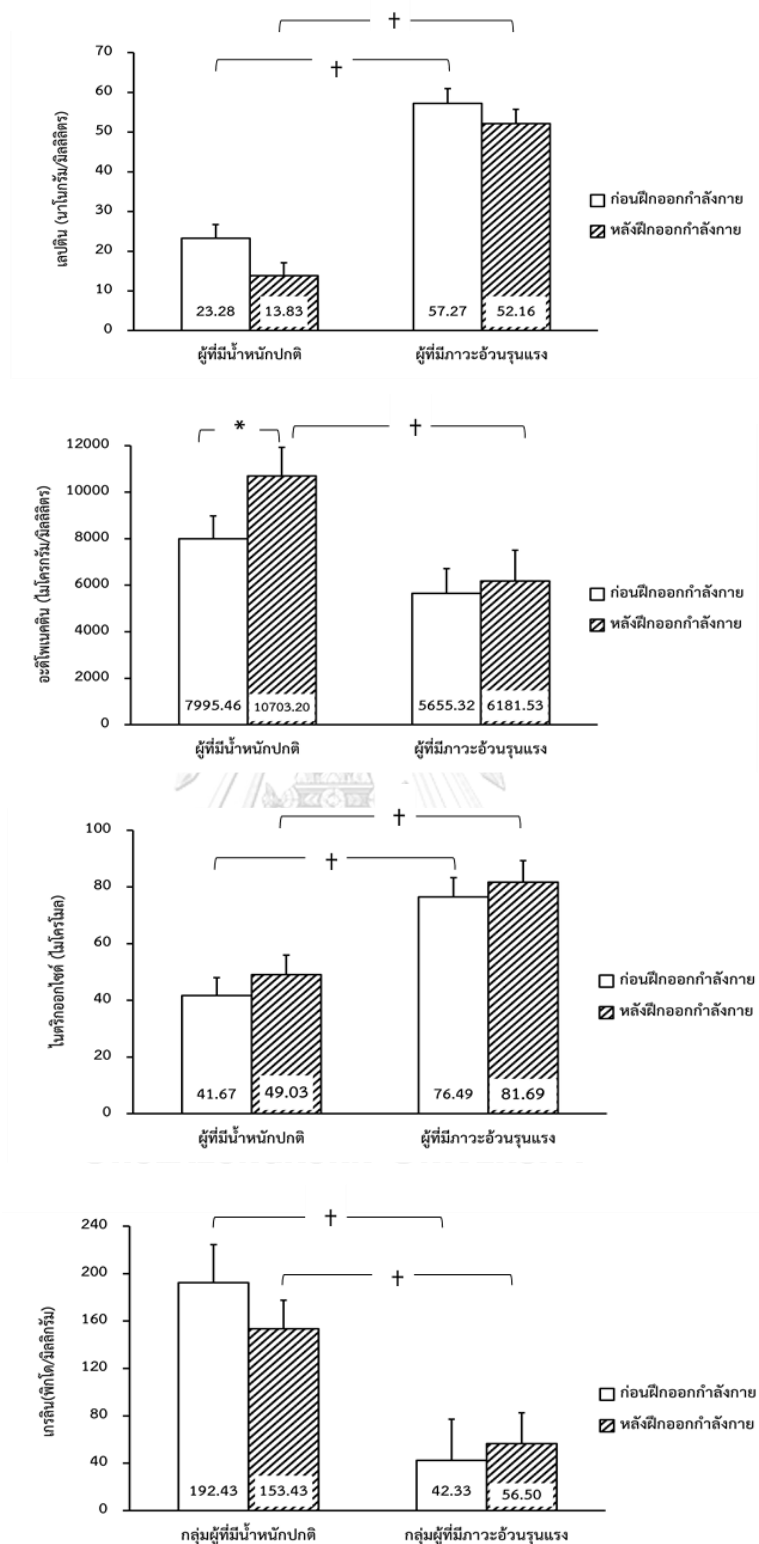
† p < 0.05 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



**รูปที่ 28** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

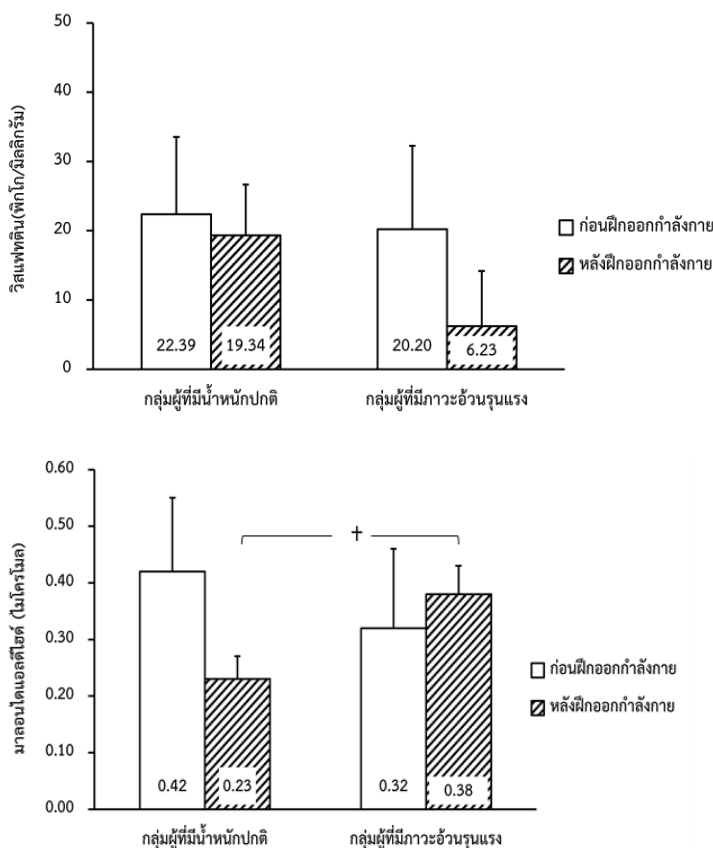


**รูปที่ 29** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)



**รูปที่ 30** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักรบกวน และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)





**รูปที่ 31** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ต่อ)

จากตารางที่ 13 รูปที่ 28, 29, 30 และ 31 แสดงให้เห็นว่าหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักทั้งกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีเปอร์เซ็นต์ของฮีมาโตคริต และคลอเลสเทอรอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีไตรกลีเซอไรด์สูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก แต่ทั้งกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไฮเดนซิติ์ไลโปโปรตีนพบว่าหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง



ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และมาลอนไดแอลดีไฮด์หลังการฝึกออกกำลังกายสลับ  
ช่วงในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีระดับสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

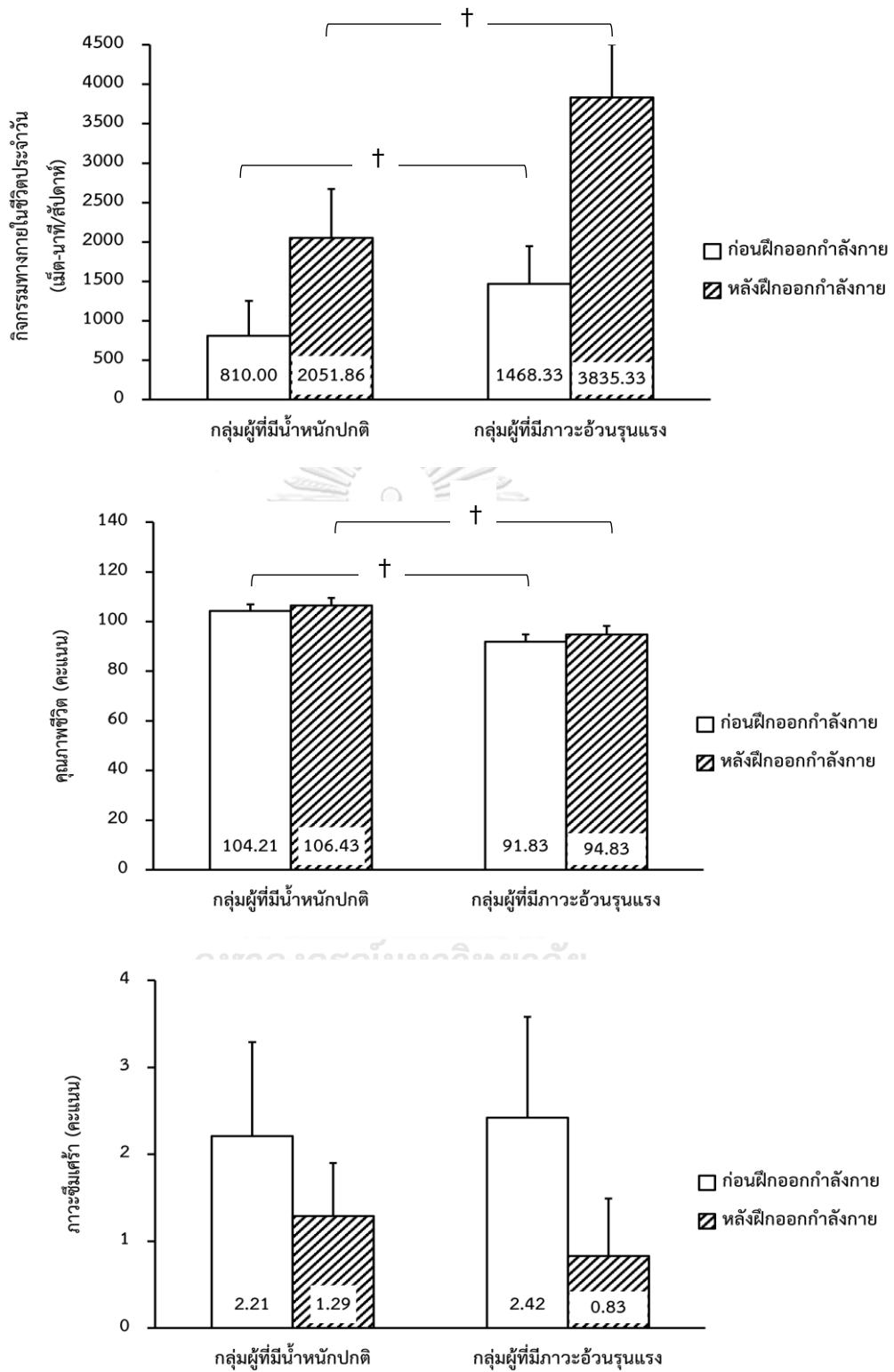


**ตอนที่ 10** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ตารางที่ 14** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (means) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ตัวแปร	กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (n=14)		กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (n=12)	
	ก่อนฝึก ออกกำลังกาย	หลังฝึก ออกกำลังกาย	ก่อนฝึก ออกกำลังกาย	หลังฝึก ออกกำลังกาย
กิจกรรมทางกายใน ชีวิตประจำวัน (นาที/ สัปดาห์)	810.00±441.58	2051.86±618.68	1468.33±476.96 <sup>†</sup>	3835.33±668.25 <sup>†</sup>
คุณภาพชีวิต (คะแนน)	104.21±2.74	106.43±3.13	91.83±2.96 <sup>†</sup>	94.83±3.38 <sup>†</sup>
ภาวะซึมเศร้า (คะแนน)	2.21±1.08	1.29±0.61	2.42±1.16	0.83±0.66

† p < .05 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติกับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



รูปที่ 32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต แลภาวะซึมเศร้าระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบ

แอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

จากตารางที่ 14 รูปที่ 32 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก คุณภาพชีวิตในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีคะแนนน้อยกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง แต่กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันและคุณภาพชีวิตหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักทั้งกลุ่มที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มที่มีน้ำหนักปกติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และภาวะซึมเศร้าพบว่าทั้งกลุ่มที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและ ศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การศึกษา ดังนี้

**การศึกษาที่ 1** เปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

อาสาสมัครเป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี ประกอบด้วย 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มผู้มีน้ำหนักปกติ ค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> จำนวนทั้งหมด 12 คน และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> (Zheng, et al., 2011) จำนวนทั้งหมด 12 คน โดยทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อแบ่งกลุ่มออกกำลังกายโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยให้มีจำนวนของเพศหญิง เพศชาย และอายุในแต่ละกลุ่มใกล้เคียงกันมากที่สุด และผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 24 คน จะได้รับการทดลองแบบไขว้กัน (Crossover design) ซึ่งได้รับการทดลอง 2 แบบ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง จำนวน 12 คน และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักจำนวน 12 คน ทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยา การใช้พลังงาน การทำงานของหลอดเลือด และระดับความสนุกสนานของการออกกำลังกาย แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two way ANOVA repeated measurement (2x4)) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ถ้าแต่ละกลุ่มแตกต่างกันจะใช้การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี LSD ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### สรุปผลการวิจัย

1. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าเฉลี่ยของ น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลไขมัน มวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวสูงกว่า และมีค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
2. ทั้งผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสูงกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
3. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการใช้พลังงานระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
4. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติให้คะแนนความสนุกสนานของกิจกรรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสูงกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
5. ผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีระดับแลคเตทในเลือดสูงขึ้นทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายทั้งการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05
6. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง และความหนาของผนังหลอดเลือดแดงที่คอสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง และการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นจากก่อนการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ

### อภิปรายผล

จากผลการศึกษาวิจัย พบว่า ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีน้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลไขมัน มวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวสูงกว่า แต่มีค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่า สมรรถภาพทางกายพื้นฐานของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความเสื่อมมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติที่อยู่ใน



เพศและวัยเดียวกัน ซึ่งการมีน้ำหนัก และดัชนีมวลกายที่สูงเกิดจากการสะสมไขมันในเซลล์ไขมันและจำนวนเซลล์ไขมันที่มีอยู่ในร่างกายเพิ่มสูงขึ้นจากการได้รับพลังงานและการใช้พลังงานในการดำเนินชีวิตประจำวันที่ไม่สมดุลกันอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานเช่นเดียวกับการเกิดความไม่สมดุลของการใช้พลังงานที่ถูกแยกระหว่างการกักเก็บกับการเผาผลาญของไขมัน และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของร่างกาย (Hall et al., 2011) ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของขนาดและจำนวนเซลล์ไขมันในร่างกายที่เป็นสาเหตุของความอ้วน (Knittle, 1972) จึงส่งผลต่อการมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลไขมันสูง อย่างไรก็ตามพบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีมวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อที่สูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักตัวและการมีปริมาณไขมันสูงนั้นมีความสัมพันธ์กับมวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน และมวลกล้ามเนื้อที่เพิ่มสูงขึ้น (Kjellberg & Reizenstein, 1970) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอาจเป็นเพราะเกิดจากความต้องการการเผาผลาญพลังงานที่เพิ่มขึ้น โดยเกิดจากไขมันส่วนเกินทำให้มีการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide; CO) โดยเพิ่มขึ้น 20-30 มิลลิลิตร/กิโลกรัม ของไขมันส่วนเกิน จึงมีการเพิ่มปริมาตรเลือด (Blood volume) ทำให้เกิดสารกระตุ้นที่ทำให้มีการสร้างเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นทำให้เกิดภาวะออกซิเจนในเนื้อเยื่อต่ำกว่าปกติเรื้อรัง จึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาตรเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจในการบีบตัวหนึ่งครั้ง (Stroke volume) หัวใจห้องล่างซ้ายมีความหนาตัวขึ้นเพื่อลดคอมพลายแอนซ์ (Compliance) ของเนื้อเยื่อไขมัน (Stenglein, 2017) จึงทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงสูงกว่าคนปกติได้ ส่วนความดันโลหิตในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอาจเกิดจากหลายกลไก ได้แก่ การมีฮอร์โมนเลปตินสูง (Hyperleptinemia) มีการกระตุ้นแองจิโอเทนซิน 2 (Angiotensin II activation) ฮอร์โมนอินซูลินสูง (Hyperinsulinemia) ความไวของบาโรรีเซพเตอร์บกพร่อง (Impaired baroreceptor sensitivity) และการสะสมไขมันที่พอกบริเวณรอบๆไตมีจำนวนมาก (Blackstone, 2016) รวมถึงการทำงานที่ผิดปกติของเอนโดทีเลียล และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของหลอดเลือดซึ่งเกิดจากการอักเสบของหลอดเลือดที่เกิดจากภาวะดื้ออินซูลิน ซึ่งเกิดจากระดับฮอร์โมนอะดิโปเนคตินต่ำ ฮอร์โมนเลปติน ระดับน้ำตาล และกรดไขมันอิสระในเลือดสูง ทั้งนี้ภาวะดื้ออินซูลินทำให้การทำงานของเอนโดทีเลียลผิดปกติจึงมีการลดลงของการผลิตไนตริกออกไซด์ ซึ่งมีหน้าที่ในการขยายตัวของหลอดเลือดจึงมีการยืดหยุ่นของหลอดเลือดน้อยลง และการมีอินซูลิน และกรดไขมันอิสระในเลือดสูงทำให้หลอดเลือดแข็งตัวมากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เกิดภาวะความดันโลหิตสูงได้ (Kotsis et al., 2010) ทั้งนี้ความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้นนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกายที่สูงขึ้นในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (Avelar

et al., 2007; Setty et al., 2013) และผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ นั้น มีรายงานถึงความสัมพันธ์ของค่าดัชนีมวลกายกับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดพบว่าดัชนีมวลกายจะแปรผกผันกับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หากมีดัชนีมวลกายสูงขึ้นสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะต่ำลง ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจะมีค่าดัชนีมวลกายสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติจึงส่งผลต่อการมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ต่ำกว่า ทั้งนี้ในด้านการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจในอนาคตได้ (Setty et al., 2013)

การออกกำลังกายสลับช่วง (Interval training) เป็นการฝึกการออกกำลังกายที่มีช่วงสลับระหว่างช่วงที่ออกกำลังกายหนักกับช่วงที่ออกกำลังกายเบาหรือหยุดพักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Peak heart rate) ในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงสูงกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในช่วงความหนักสูงเป็นไปตามระดับความหนักของการออกกำลังกายที่ได้กำหนดไว้ (ระดับที่ความหนักสูงอยู่ในช่วง 75-85%HRR ซึ่งค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเท่ากับ  $163.92 \pm 2.95$  ครั้ง/นาที คิดเป็น  $\sim 79\%$ HRR ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติเท่ากับ  $166.92 \pm 2.95$  ครั้ง/นาที คิดเป็น  $\sim 82\%$ HRR) เมื่อเปรียบเทียบกับ การออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่มีอัตราการเต้นหัวใจอยู่ในระดับปานกลางคงที่จึงมีอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดต่ำกว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วง และในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการเผาผลาญพลังงานระหว่างการออกกำลังกายแบบสลับช่วงและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ เกิดจากการที่มีไขมันส่วนเกินสูงขึ้นทำให้มีความต้องการพลังงานที่มากขึ้น และเมื่อออกกำลังกายจึงเพิ่มความต้องการพลังงานและออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อมากขึ้นกว่าขณะพัก (McArdle et al., 2015) ทั้งนี้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการใช้พลังงานในขณะที่ออกกำลังกายแบบสลับช่วงมากกว่าออกกำลังกายแบบสลับช่วงถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (การใช้พลังงานระหว่างออกกำลังกายแบบสลับช่วง  $452.00 \pm 37.10$  กิโลแคลอรี) บ่งชี้ว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงเป็นการออกกำลังกายที่เผาผลาญพลังงานได้อย่างมาก เนื่องจากระหว่างการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในช่วงความหนักสูงจะมีการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตในช่วงแรกเนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่ถูกนำมาใช้เพื่อผลิตเอทีพี (ATP) ได้อย่างรวดเร็ว สลับกับช่วงพักในการศึกษานี้จะลดความหนักลงให้อยู่ในระดับเบาช่วงนี้ก็จะมีการเผาผลาญไขมันมากขึ้น สอดคล้องกับ Dupuit et al. (2020) ที่พบว่าหลังการออกกำลังกายแบบสลับช่วงทำให้ผู้หญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกินและภาวะอ้วนมีการเผาผลาญพลังงานของไขมันมากขึ้น เนื่องจากการออกกำลังกายแบบสลับช่วงจะกระตุ้นให้เกิดการผลิตของแคทีโคลามีน (Catecholamine) ที่นำไปสู่การ

เผาผลาญไขมันและไขมันอิสระหลังออกกำลังกายที่สูงขึ้น ทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันสูงขึ้น โดยปริมาณการใช้ออกซิเจนหลังการออกกำลังกายมีค่าสูงกว่า 75% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_{2max}$ )

ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง และความหนาของผนังหลอดเลือดแดงที่คอสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการทำงานของหลอดเลือดที่เสื่อมลงมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ อาจเป็นเพราะมีการสะสมของเซลล์ไขมัน (Adipocyte) อยู่ในเนื้อเยื่อของร่างกายเป็นจำนวนมาก ซึ่งเซลล์ไขมันจะสร้างสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบคือทีเอ็นเอฟแอลฟา ( $TNF-\alpha$ ) ซึ่งในคนที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจะมีสารดังกล่าวในระบบไหลเวียนโลหิตมากกว่าคนที่มีน้ำหนักปกติ สารดังกล่าวจะมีผลโดยตรงทำให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดเกิดการอักเสบ จึงทำให้เกิดการสร้างเซลล์เยื่อบุผนังของหลอดเลือดมากขึ้น และความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงสูงขึ้น (Libby, 2002; Nascimento, M. M. et al., 2002) ซึ่งสอดคล้องกับ Kotsis et al. (2006) พบว่าความหนาของผนังหลอดเลือดแดงที่คอมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกาย และผู้ที่มีภาวะอ้วนมีความหนาของผนังหลอดเลือดแดงที่คอสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และ Zebekakis et al. (2005) พบว่าความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงแปรผันโดยตรงกับค่าดัชนีมวลกายเช่นกัน แต่ผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายทั้งการออกกำลังกายแบบสลับช่วงและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องไม่มีความแตกต่างกันของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง และความหนาของผนังหลอดเลือดแดงที่คออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อาจเนื่องจากการวัดผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบหลังการออกกำลังกายไม่เกิน 5 นาที จึงไม่เห็นพบความแตกต่างทางสถิติ แต่พบว่าค่าเฉลี่ยความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องเพิ่มขึ้นจากการออกกำลังกาย (การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง; ก่อนออกกำลังกาย  $1468.08 \pm 66.49$  เซนติเมตร/วินาที หลังออกกำลังกาย  $1567.71 \pm 81.85$  เซนติเมตร/วินาที การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก; ก่อนออกกำลังกาย  $1407.46 \pm 63.79$  เซนติเมตร/วินาที หลังออกกำลังกาย  $1527.96 \pm 82.99$  เซนติเมตร/วินาที) และในผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีค่าเฉลี่ยลดลงจากก่อนการออกกำลังกาย (การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง; ก่อนออกกำลังกาย  $1139.54 \pm 66.49$  เซนติเมตร/วินาที หลังออกกำลังกาย  $1069.38 \pm 81.85$  เซนติเมตร/วินาที การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก; ก่อนออกกำลังกาย  $1117.38 \pm 63.79$  เซนติเมตร/วินาที หลังออกกำลังกาย  $1110.75 \pm 82.99$  เซนติเมตร/วินาที) ซึ่งสอดคล้องกับ Bunsawat et al. (2017) ซึ่งพบว่าในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนหลัง

การออกกำลังกายแบบปั่นจะมีค่าเฉลี่ยของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงสูงขึ้น แต่ในกลุ่มที่มีน้ำหนักปกติจะมีค่าเฉลี่ยของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงลดลง

จากการเปรียบเทียบผลจับพลาสมาของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียน (FMD) พบว่าในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียน (FMD) เพิ่มขึ้นจากก่อนการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักจะช่วยเพิ่มการไหลของเลือด (Blood flow) อัตราแรงเค้น (Shear stress) และแรงเฉือน (Share rate) ต่อหลอดเลือดได้สูงมากกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของหลอดเลือดทำให้มีการขยายตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้น (Calverley et al., 2020) สอดคล้องกับ Bond et al. (2015) ที่พบว่าผลจับพลาสมาหลังการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงมีการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียน (FMD) สูงขึ้นจากก่อนการออกกำลังกาย ในขณะที่การออกกำลังกายแบบต่อเนื่องไม่พบการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากความหนักของการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการทำงานของหลอดเลือด และ Kranen et al. (2020) พบว่าผลจับพลาสมาของการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียน (FMD) แต่กลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียน บ่งชี้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักน่าจะมีผลดีต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนโดทีเลียมทำให้หลอดเลือดมีการหด-ขยายตัวที่ดี

หลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องไม่พบการเปลี่ยนแปลงหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องทั้งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติ มีระดับแลคเตทในเลือดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากขณะออกกำลังกายเกิดการเผาผลาญพลังงานแบบแอนแอโรบิกในกระบวนการไพรูเวท-แลคเตท ทำให้มีการเพิ่มมากขึ้นของกรดแลคติกที่เกิดจากกระบวนการแคแทบอลิซึม (Catabolism) ซึ่งการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายจะส่งผลต่อการมีระดับแลคเตทในเลือดที่เพิ่มสูงขึ้น (Wasserman et al., 1967) เมื่อเปรียบเทียบระดับแลคเตทในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในการศึกษานี้ส่งผลต่อการเกิดกรดแลคติกในเลือดใกล้เคียงกับการ

ออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลดีต่อการออกกำลังกายที่ต่อเนื่องมากขึ้นในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

การคิดค้นโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงในการศึกษานี้ได้ออกแบบท่าทางของการออกกำลังกายให้มีความเหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง เพื่อไม่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของข้อต่อ และกระดูก หรือส่งผลเสียต่อสุขภาพจากการออกกำลังกาย โดยมีการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ทั้งแขนและขา ทำฝึกรอกกำลังกายที่มีแรงกระแทกต่ำ (Low impact exercise) หลักการของการออกกำลังกายแบบสลับช่วง (Interval training) ได้อ้างอิงจากงานวิจัยของวิทิต มิตรานันท์ และคณะ โดยมีสัดส่วนในการสลับช่วง 1:4 (Mitranun et al., 2014) ประกอบด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกผสมการใช้แรงต้านที่ความหนักระดับสูงสลับกับการใช้แรงต้านอย่างเดียวที่ความหนักระดับเบาเพื่อต้องการพัฒนามวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้กับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไปพร้อมกับการพัฒนาสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดตามหลักการการออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงของวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งอเมริกา (American college of sports medicine; ACSM) (ACSM, 2018) และผู้วิจัยได้คิดค้นท่าการออกกำลังกายที่หลากหลายมากขึ้น จึงส่งผลให้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติให้คะแนนความสนุกสนานของกิจกรรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสูงกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Koh (2014) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบความสนุกสนานของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงกับการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางแบบต่อเนื่อง หลังจากออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบ ผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและผู้ที่มีภาวะอ้วนจะให้คะแนนความสนุกสนานของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงสูงกว่าการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางแบบต่อเนื่อง และ Thum et al. (2017) ก็พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีคะแนนความสนุกสนานสูงกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ซึ่งความสนุกสนานนี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้บุคคลมีความต่อเนื่องของการฝึกรอกกำลังกายมากขึ้น

สรุปได้ว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักจะส่งผลดีต่อการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด และมีความสนุกสนานซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในเพิ่มการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงหลอดเลือด และเพิ่มความสนุกสนานที่จะช่วยเพิ่มการออกกำลังกายให้ต่อเนื่องมากขึ้นในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และยังมีความเหมาะสมปลอดภัย และสามารถนำไปใช้ออกกำลังกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้

ในการศึกษาที่ 2 จึงนำเอาโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมาใช้ในการฝึกรอกกำลังกาย เพื่อประเมินผลของการฝึกระยะยาวของการออกกำลังกายแบบแอโร

บิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่มีต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงต่อไป



**การศึกษาที่ 2** เปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด สมรรถภาพทางกาย การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติและผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้อาสาสมัครเป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี ประกอบด้วย 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> จำนวนทั้งหมด 14 คน และกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> (Zheng, et al., 2011) จำนวนทั้งหมด 12 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 26 คน โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยให้อายุของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจะมีค่าใกล้เคียงกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ( $\pm 3$  ปี) และมีเพศเดียวกัน ทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักโปรแกรมเดียวกัน ออกกำลังกายแบบสลับช่วง แบ่งการฝึกออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 ช่วง 1-6 สัปดาห์ ออกกำลังกาย 30 นาทีต่อวัน และระยะที่ 2 ช่วง 7-12 สัปดาห์ ออกกำลังกาย 40 นาทีต่อวัน ฝึกออกกำลังกาย 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ และในการฝึกออกกำลังกายแต่ละครั้งให้มีการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 10 และคลายอุ่น (Cool-down) 15 นาที รวมออกกำลังกายทั้งสิ้น 60 ครั้ง ทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยา การใช้พลังงาน การทำงานของหลอดเลือด สารชีวเคมีในเลือด สมรรถภาพทางกาย กิจกรรมทางกาย คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้า แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two way ANOVA repeated measurement (2x2)) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ถ้าแต่ละกลุ่มแตกต่างกันจะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี LSD ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### สรุปผลการวิจัย

1. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน มวลไขมันบริเวณท้อง เเปอร์เซ็นต์ไขมัน เเปอร์เซ็นต์ไขมันบริเวณท้อง มวลน้ำหนักรวมไขมัน มวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก ความหนาแน่นของมวลกระดูก และสัดส่วนเอว-สะโพก สูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีมวลกล้ามเนื้อ

และมวลกระดูกเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่พบความแตกต่างจากก่อนการฝึกออกกำลังกายในทุกตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย

2. ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนน้อยกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนความหนาของผนังหลอดเลือด และความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และมีความหนาของผนังหลอดเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง ส่วนผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัวแปรทางด้านการทำงานของหลอดเลือด

4. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงก่อนการฝึกออกกำลังกายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาซ้ายและขาขวาขณะเหยียดมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาซ้ายและขาขวาขณะงอขา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนซ้ายและแขนขวาขณะเหยียดแขน และขณะงอแขน ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาซ้ายและขาขวาขณะงอขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนซ้ายขณะเหยียดแขนและงอแขนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ส่วนกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนซ้ายขณะงอแขนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

5. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีความอดทนของกล้ามเนื้อ (การลุกนั่ง 60 วินาที) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความอดทนของกล้ามเนื้อน้อยกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีความอ่อนตัวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความอ่อนตัวน้อย



กว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในผู้ที่มีน้ำหนักปกติสูงขึ้นหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แต่ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

6. ผู้มีภาวะอ้วนรุนแรงหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ในกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่พบความแตกต่าง ทั้งก่อนและหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วงผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเผาผลาญไขมันขณะพักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ในกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่พบความแตกต่าง และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเผาผลาญไขมันสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะพักต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และไม่พบความแตกต่างของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะพักระหว่างผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีเปอร์เซ็นต์ของฮีมาโตคริต และคลอเลสเทอรอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีไตรกลีเซอไรด์สูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีค่าไฮเดนซิทีไลโปโปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าไฮเดนซิทีไลโปโปรตีนน้อยกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีไลโปโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

8. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีระดับน้ำตาลในเลือด น้ำตาลสะสม อินซูลิน เลปติน และไนตริกออกไซด์สูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักทั้งผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีระดับน้ำตาลสะสมเพิ่มสูงขึ้นอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ผู้ที่มีน้ำหนักปกติหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักมีเลปตินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับ ช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีอะดิโพเนคตินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หลัง การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีอะดิโพเนคติน น้อยกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ไนตริกออกไซด์ในกลุ่มที่มีภาวะอ้วน รุนแรงมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออก กำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ระดับเกรลินในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงน้อยกว่ากลุ่มผู้ ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกส ลับช่วงประกอบน้ำหนัก ส่วนวิสแพพทิน ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งก่อนและ หลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และมาลอนโดแอลดี ไฮด์หลังการฝึกออกกำลังกายสลับช่วงในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีระดับสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนัก ปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

9. ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันสูงกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนัก คุณภาพชีวิตในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีคะแนนน้อยกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง และภาวะซึมเศร้าผู้ที่มี ภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งก่อน และหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง

### อภิปรายผล

**ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อตัวแปรด้าน สรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย**

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน มวล ไขมันบริเวณท้อง เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันบริเวณท้อง มวลกระดูก ความหนาแน่นของมวล กระดูก และสัดส่วนเอว-สะโพก สูงกว่า และมีมวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน และมวลกล้ามเนื้อต่อ น้ำหนักตัวในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงให้ เห็นว่าองค์ประกอบของร่างกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงแตกต่างจากผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างชัดเจน ทั้งนี้การมีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน มวลไขมันบริเวณท้อง เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์ ไขมันบริเวณท้อง และสัดส่วนเอว-สะโพกสูงกว่าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง อาจเกิดจากผู้ที่มีภาวะอ้วน รุนแรงมีการได้รับพลังงานกับการใช้พลังงานในการดำเนินชีวิตประจำวันที่ไม่สมดุลกันอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดการสะสมของไขมันและจำนวนเซลล์ไขมันที่อยู่ในร่างกายมากขึ้น (Knittle, 1972) การ สะสมไขมันที่มากขึ้นในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงส่งผลต่อระดับไขมันในเลือดที่สูงขึ้นซึ่งพบว่าการฝึก

ออกกำลังกายแบบสลับช่วงผู้ที่มีการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ไตรกรีเซอไรด์ โลวเดนซิติ์ไลโปโปรตีน และเลปตินสูงกว่า และมีระดับไฮเดนซิติ์ไลโปโปรตีน และอะดิโพเนคตินต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ทั้งนี้ระดับไขมันในเลือดได้แก่ คอเลสเตอรอล ไตรกรีเซอไรด์ โลวเดนซิติ์ไลโปโปรตีน (LDL) และไฮเดนซิติ์ไลโปโปรตีน (HDL) เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดโรคหลอดเลือด และโรคหลอดเลือดและหัวใจ เนื่องจากคอเลสเตอรอล ไตรกรีเซอไรด์และฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) ถูกขนส่งไปยังเนื้อเยื่อในรูปแบบไลโปโปรตีน (Lipoprotein) เมื่อมีการไขมันส่วนเกินในตับจะถูกแปลงเป็นไตรกรีเซอไรด์ซึ่งรวมตัวกับฟอสโฟลิปิดอิสระและการเอสเทอริไฟด์ (Esterified) คอเลสเตอรอลมีการบรรจุไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (VLDL) ร่วมกับอะโปโปรตีนหลายชนิดในขณะที่ขนส่งไปยังเนื้อเยื่อส่วนปลายของร่างกาย ปริมาณไตรเอซิกลิเซอไรด์จะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยไลโปโปรตีนไลเปส (LPL) เป็นเศษกรดไขมันและไลโปโปรตีนจะทำให้เกิด ไลโปโปรตีน (IDL) ที่มีความหนาแน่นปานกลาง และแอลดีแอล (LDL) เป็นพาหะนำคอเลสเตอรอลไปยังระบบไหลเวียน จึงทำให้ไลโปโปรตีนที่ไม่ใช่ไขมันเอสดีแอล (HDL) เหล่านี้เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ (Shahid & Sarwar, 2020) ส่วนระดับเลปตินในเลือดถึงแม้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจะมีเลปตินที่สูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ แต่ก็มีแนวโน้มที่จะเกิดภาวะต้านเลปติน ทำให้การยับยั้งความหิวลดลง โดยเกิดจากการขนส่งเลปตินผ่านทางเลือดและสมองลดลง เนื่องจากตัวรับเลปตินเกิดความบกพร่อง ทำให้เกิดปัญหาต่อการสื่อสารสัญญาณในการขาดเลปตินและเลปตินเกิน และอะดิโพเนคตินในเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติจะเกี่ยวข้องกับการเผาผลาญพลังงานของไขมันและน้ำตาล การอักเสบ และการตอบสนองต่ออินซูลิน บ่งบอกถึงผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงอาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเมแทบอลิกซินโดรมได้ (Blackstone, 2016) และการมีไขมันสูงยังส่งผลต่อการลดลงของกล้ามเนื้อและมวลร่างกายปราศจากไขมัน สอดคล้องกับ Lubkowska et al. (2015) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นอะดิโพเนคตินและเลปตินต่อไขมันในร่างกาย ดัชนีมวลกาย และไขมันในเลือด พบว่าอะดิโพเนคตินมีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับน้ำหนัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว มวลร่างกายปราศจากไขมัน และมวลกล้ามเนื้อ อะดิโพเนคตินมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับไฮเดนซิติ์ไลโปโปรตีน (HDL) ส่วนเลปตินมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบกับเปอร์เซ็นต์มวลร่างกายปราศจากไขมัน และมวลกล้ามเนื้อ อะดิโพเนคตินและอัตราส่วนอะดิโพเนคตินต่อเลปตินเป็นค่าที่ใช้วินิจฉัยการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจได้ แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในร่างกายของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีแนวโน้มที่ก่อให้เกิดโรคเรื้อรังมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ อันได้แก่ โรคเบาหวาน โรคเมแทบอลิกซินโดรม และโรคหลอดเลือดและหัวใจ เป็นต้น

ทั้งนี้หลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ องค์ประกอบของร่างกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัว และมวลกระดูกเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อาจเนื่องจากการศึกษานี้มีการออกแบบโปรแกรมการฝึกออกกำลังกาย

แบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบกับการใช้น้ำหนักในช่วงการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงและในช่วงความหนักเบา โดยใช้ดัมเบลร่วมด้วยและใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน เมื่อทำการฝึกอย่างต่อเนื่องอาจทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของหลอดเลือด (Myogenic) ในกล้ามเนื้อทำให้เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อ (Myofibrillar protein synthesis) ทำให้เกิดการกระตุ้นแซทเทลไลท์เซลล์ (Satellite cell) เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Callahan et al., 2021) และการเพิ่มขึ้นของมวลกระดูกอาจเกิดจากการฝึกออกกำลังกายแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อเนื่องทำให้เพิ่มเซลล์สร้างกระดูกออสติโอเจนิค (Osteogenic cells) และเนื้อเยื่อกระดูกอ่อน (Chondrogenic) ทำให้เกิดการลดลงของการสลายมวลกระดูก (Bone resorption) จึงทำให้มวลกระดูกเพิ่มขึ้นได้ (Pagnotti et al., 2019) ทั้งนี้มวลกล้ามเนื้อก็มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของกระดูกและมวลกระดูกในการวัดองค์ประกอบของร่างกายแบบทั่วทั้งร่างกาย (Total body) ด้วย (Hyde et al., 2020) ดังนั้นการออกกำลังกายแบบสลับช่วงจึงส่งผลดีต่อระบบโครงสร้างในร่างกายของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้ดี สอดคล้องกับ Guppy et al. (2015) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงถูกเชื่อมโยงกับแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นบริเวณคอของกระดูกฟิเมอร์ (Femoral neck bone) กระดูกบริเวณสะโพก และความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกสะโพก และ Blue et al. (2018) พบว่าหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ที่มีภาวะอ้วนมีขนาดของกล้ามเนื้อเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนของน้ำหนักตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่ก็ไม่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการศึกษานี้พบว่าไขมันทั้งร่างกายและบริเวณท้องไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางสถิติ และมีการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูกจึงอาจเป็นสาเหตุทำให้น้ำหนักตัวไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่าเฉลี่ยของไขมันบริเวณท้องมีค่าลดลงเล็กน้อย หากฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงให้ต่อเนื่องและเป็นเวลามากกว่า 12 สัปดาห์อาจส่งผลดีต่อการลดลงของไขมันบริเวณท้องได้ เนื่องจากการออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีกระบวนการในการเพิ่มการเผาผลาญไขมันในกล้ามเนื้อมากขึ้นจากกลไกการเพิ่มไมโทคอนเดรียในเซลล์กล้ามเนื้อมากขึ้น (Buchheit & Laursen, 2019) จากที่กล่าวมาจึงสามารถสรุปได้ว่าหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีแนวโน้มที่ดีต่อการปรับปรุงองค์ประกอบของร่างกายให้ดีขึ้นในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และขณะคลายตัวในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่พบความแตกต่างจากผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและขณะคลายตัวสูงกว่าในผู้ที่มีน้ำหนักปกติ แสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงส่วนมากมีความดันโลหิตสูง การเกิดความดันโลหิตสูงในผู้ที่มีภาวะอ้วนเกิดจากได้หลายกลไก ได้แก่ การมีฮอร์โมนเลปตินสูง (Hyperleptinemia) มีการกระตุ้นแองจิโอเทนซิน 2 (Angiotensin II activation) ฮอร์โมนอินซูลินสูง (Hyperinsulinemia) ความความไวของบาโรรีเซพเตอร์บกพร่อง (Impaired baroreceptor sensitivity) และการสะสมไขมันที่พอกบริเวณรอบๆไตมีจำนวนมาก

(Blackstone, 2016) รวมถึงการทำงานที่ผิดปกติของเอนโดทีเลียล และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของหลอดเลือดซึ่งเกิดจากการอักเสบของหลอดเลือดที่เกิดจากภาวะดื้ออินซูลิน ซึ่งเกิดจากระดับฮอร์โมนอะดิพอกตินต่ำ ฮอร์โมนเลปติน ระดับน้ำตาล และกรดไขมันอิสระในเลือดสูง ทั้งนี้ภาวะดื้ออินซูลินทำให้การทำงานของเอนโดทีเลียลผิดปกติจึงมีการลดลงของการผลิตไนตริกออกไซด์ ซึ่งมีหน้าที่ในการขยายตัวของหลอดเลือดจึงมีการยืดหยุ่นของหลอดเลือดน้อยลง และการมีอินซูลินและกรดไขมันอิสระในเลือดสูงทำให้หลอดเลือดแข็งตัวมากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เกิดภาวะความดันโลหิตสูงได้ (Kotsis et al., 2010) แต่หลังจากออกกำลังกายแบบสลับช่วงพบว่าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีอัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและขณะหัวใจคลายตัวไม่ลดลง ซึ่งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงจัดอยู่ในเกณฑ์ขั้นที่ 2 (Hypertension stage 2)  $\geq 140$  มิลลิเมตรปรอท แต่มีความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวสูงเล็กน้อยจัดอยู่ในเกณฑ์ขั้นที่ 1 (Hypertension stage 1) ช่วง 80-89 มิลลิเมตรปรอท อ้างอิงเกณฑ์ความดันโลหิตสูงจากสมาคมโรคหัวใจแห่งอเมริกา (American heart association) (Muntner et al., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับ Costa et al. (2018) หลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว แต่มีการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามในผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและขณะหัวใจคลายตัวลดลง ในขณะที่ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวลดลงเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีแนวโน้มในการปรับปรุงการไหลเวียนโลหิตได้หากมีการฝึกอย่างต่อเนื่องและนานมากกว่า 12 สัปดาห์

#### **ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อโครงสร้างและการทำงานของหลอดเลือด**

ผลของการศึกษานี้พบว่าก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความหนาของผนังหลอดเลือดสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการเสื่อมถอยของโครงสร้างของหลอดเลือดมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอันเนื่องจากการมีไขมันส่วนเกินในร่างกายสูง โดยความหนาของผนังหลอดเลือดที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรของสัดส่วนของร่างกายได้แก่ การเพิ่มขึ้นของดัชนีมวลกาย รอบเอว และสัดส่วนสะโพกและเอว เป็นต้น การเพิ่มขึ้นของไขมันในช่องท้อง (Visceral adipose tissue) (Qu,B. &Qu, T., 2015) และการเพิ่มขึ้นของระดับอินซูลินในเลือดจากภาวะดื้ออินซูลิน มีผลต่อเซลล์กล้ามเนื้อเรียบจากการกระตุ้นอนุมูลอิสระ (Reactive oxygen species) โพรตีนไคเนสซี (Protein kinase C) และ NF- $\kappa$ B ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่ผนังหลอดเลือดมากขึ้นทำให้เกิดการหนาตัว

ของหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้น (Stapleton et al., 2008) แต่หลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์พบว่าความหนาตัวของหลอดเลือดบริเวณคอในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนในผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่มีผลลดลงของความหนาตัวของหลอดเลือดทางสถิติ ทั้งนี้ได้พบว่ก่อนการออกกำลังกายสลับช่วงความหนาตัวของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติแต่ภายหลังจากการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักเป็นเวลา 12 สัปดาห์กลับพบว่าความหนาตัวของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่เกิดความแตกต่างจากผู้ที่มีน้ำหนักปกติ แสดงให้เห็นว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักช่วยให้ความหนาตัวของหลอดเลือดลดน้อยลงในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง สอดคล้องกับ การศึกษาของ Ghardashi-Afousi et al. (2020) ที่พบว่า ความหนาของผนังหลอดเลือด (IMT) ลดลงในผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีดัชนีมวลกายสูง หลังจากฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงเป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ และ Farahati et al. (2020) พบว่า ผู้หญิงวัยกลางคนที่ มีภาวะน้ำหนักเกินหลังจากออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ มีความหนาตัวของหลอดเลือดลดลง

การแข่งขันตัวของหลอดเลือดก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ไม่พบความแตกต่างของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงจะพบว่าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ (ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติ  $1146.46 \pm 68.64$  ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง  $1492.71 \pm 74.14$ ) ทั้งนี้อาจเกิดจากการมีไขมันในร่างกายที่สูงเกินไปในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจะส่งผลต่อการเกิดภาวะดื้ออินซูลิน (HOMA-IR) ซึ่งในการศึกษานี้ก็พบว่าก่อนออกกำลังกายแบบสลับช่วงผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีภาวะดื้ออินซูลินสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 การมีภาวะดื้ออินซูลินนั้นเกิดจากระดับน้ำตาลในเลือดและอินซูลินสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาคั้งนี้ที่พบอีกว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีระดับน้ำตาลในเลือดและระดับอินซูลินสูงกว่าน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และภาวะดื้ออินซูลินที่พบในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเกิดจากการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนเลปติน อะดิโปเนคตินลดลง และไขมันในเลือด ได้แก่ ไขมันแอลดีแอล ไตรกรีเซอไรด์ และคอเรสเตอรอลสูง และการมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานานจะส่งผลต่อการอักเสบของหลอดเลือด เมื่อเกิดการอักเสบของหลอดเลือดก็จะมี การเพิ่มจำนวนและการสะสมของเซลล์ชนิดต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในผนังหลอดเลือด เช่น เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ สารเคลือบเซลล์ (Extracellular matrix) ไขมัน (Lipid) คอเลสเตอรอล (Cholesterol) แคลเซียม (Calcium) และสารอื่นๆ ที่พบในเลือด (Libby, 2002) การสะสมของสารเหล่านี้เป็นเหตุให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดทำงานผิดปกติ (Balligand, 2002) ซึ่งเมื่อเซลล์บุผนังหลอดเลือดมีการอักเสบมากขึ้นจะทำให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ลดลง มีผลทำให้ไขมันที่อยู่ในกระแส

เลือดชนิดหนึ่งที่ว่า โลวเดนซิสตี ลิปิดโปรตีน (LDL) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารที่เป็นอนุพันธ์ของออกซิเจนทำให้ไขมันโลวเดนซิสตี ลิปิดโปรตีน (Low density lipoprotein; LDL) เปลี่ยนรูปไปเป็นออกซิไดซ์แอลดีแอล (Oxidized LDL; oxLDL) ส่งผลให้ผนังหลอดเลือดถูกทำลายและมีการอักเสบรุนแรงมากยิ่งขึ้น (Nascimento, M. M. et al., 2002) ทำให้เป็นสาเหตุของการเกิดพลาครในบริเวณที่มีการอักเสบของหลอดเลือดสูง จึงเกิดการแข็งตัวของหลอดเลือดได้ แต่หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรู้พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าเฉลี่ยของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงลดลงถึงแม้จะไม่เห็นผลลดลงทางสถิติ ดังนั้นการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีแนวโน้มในการช่วยให้เกิดการลดลงของความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดงได้ การลดลงนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ de Oliveira et al. (2020) พบว่าการรายงานการวิจัยส่วนมากพบว่าในผู้ที่มีภาวะอ้วนมีการลดลงของการแข็งตัวของหลอดเลือดและมีความดันโลหิตส่วนกลางลดลงหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วง นอกจากนี้ปัจจัยที่ทำให้เกิดการแข็งตัวของหลอดเลือดยังเกี่ยวข้องกับไขมันในเลือด ในการศึกษานี้ก็พบว่าหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีโลวเดนซิสตี ลิปิดโปรตีน (LDL) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และมีค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Khammassi et al. (2018) ที่ทำการศึกษาดังกล่าวถึงการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 12 สัปดาห์ต่อองค์ประกอบของร่างกาย และไขมันในเลือดในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนที่เป็นผู้เนือยนิ่งแต่มีสุขภาพดี พบว่าหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงส่งผลต่อการลดลงของคลอเลสเทอรอล ไตรกลีเซอไรด์ แสดงให้เห็นว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรู้เป็นการออกกำลังกายที่ส่งผลดีต่อการปรับปรุงโครงสร้างของหลอดเลือดและไขมันในเลือดที่เป็นบ่อเกิดของการเกิดการทำงานที่ผิดปกติของหลอดเลือดได้

ผลการทำงานของหลอดเลือดโดยการวิเคราะห์ถึงเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (FMD) พบว่าก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรู้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (FMD) ต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงถึงความยืดหยุ่นของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงลดลง ซึ่งมีสาเหตุหลักจากความผิดปกติของเอนโดทีเลียมเซลล์ในผนังหลอดเลือด จึงทำให้เกิดการผลิตไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) ลดลง อันเกิดจากภาวะไม่สมดุลของการเกิดอนุมูลอิสระ และไซโตไคน์ที่ก่อให้เกิดการอักเสบเพิ่มขึ้น เนื่องจากการต้านอินซูลินและเลปติน เกิดการกระตุ้นระบบเรนินแองจิโอเทนซินโดสเทอโรน และผลกระทบโดยตรงกับฮอโมน อะดิพอกิน ล้วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือดที่ผิดปกติ (Brook, 2006) แต่หลังจากออกกำลังกายแบบสลับช่วงพบว่า การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (FMD) ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรู้ส่งผลดีต่อการเพิ่มการยืดหยุ่นของหลอดเลือดได้ สอดคล้องกับ Ramos et al.

(2015) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วง 3 วันต่อสัปดาห์ในระยะเวลา 12-16 สัปดาห์ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเพิ่มสูงขึ้น da Silva et al. (2020) พบว่ากลุ่มที่มีภาวะอ้วนหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วง 15 นาที ร่วมกับกิจกรรมกีฬา 30 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ส่งผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนที่เพิ่มสูงขึ้น และ Sawyer et al. (2016) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ที่มีภาวะอ้วนที่อยู่ในวัยผู้ใหญ่ทำให้เกิดการปรับปรุงของการขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนดีขึ้น ในขณะที่พัก ทั้งนี้การลดลงของความหนาของหลอดเลือด ความเร็วของคลื่นความดันเลือดแดง และมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนเพิ่มขึ้นในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก อาจเกิดจากการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักจะช่วยเพิ่มการไหลของเลือด อัตราแรงเค้น (Shear stress) และแรงเฉือน (Shear rate) ต่อหลอดเลือด การบีบแคลเซียมเข้าไปในเอนโดทีเลียลเซลล์ ทำให้เกิดการกระตุ้นการผลิตไนตริกออกไซด์ที่มากขึ้นจึงทำให้เกิดการลดลงของการดูดซึมสารอนุมูลอิสระ (Free radical-mediated) เข้าไปยังหลอดเลือด (Calverley et al., 2020) เกิดการกระตุ้นให้มีการขยายตัวของหลอดเลือดหลังออกกำลังกายมีผลในการยับยั้งความสัมพันธ์ของสารชีวเคมีที่ส่งผลเสียต่อหลอดเลือด (Ramos et al., 2015) และการเพิ่มพีจีซีวันแอลฟา (PGC-1 $\alpha$ ) ในการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง ทำให้มีการผลิตไมโทคอนเดรียเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายเพิ่มขึ้น และมีการเพิ่มขึ้นของการเผาผลาญไขมันที่กล้ามเนื้อ (Gibala et al., 2012) จึงน่าจะส่งผลดีต่อการดึงไขมันในร่างกายมาใช้มากขึ้น ซึ่งอาจช่วยลดไขมันในเลือด และมีการปรับปรุงฮอร์โมนจากไขมันในร่างกายให้มีค่าขึ้นดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงนั้นส่งผลดีต่อการปรับปรุงโครงสร้างและการทำงานของหลอดเลือดให้ดีขึ้น เพื่อลดการทำงานที่ผิดปกติของหลอดเลือดได้

### ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนการออกกำลังกายพบว่าความแข็งแรงของขาขวาขณะเหยียดขาและขณะงอขา ความแข็งแรงของแขนขวาขณะเหยียดแขนและงอแขนในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความแข็งแรงต่อน้ำหนักตัวน้อยกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีมวลกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัวที่ต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ซึ่งก็สอดคล้องกับผลขององค์ประกอบของร่างกายที่กล่าวมาแล้วเบื้องต้นในการศึกษานี้ที่พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีมวลกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัวน้อยกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ทั้งนี้การลดลงของมวลกล้ามเนื้อในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงอาจเกิดจากการมีเซลล์ไขมันมากเกินไปซึ่งทำให้เซลล์กล้ามเนื้อลดลง เกิดการสลายของ



กล้ามเนื้ออ่อนอาจเกิดจากการลดการเคลื่อนไหวของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเนื่องจากการมีน้ำหนักตัวสูง การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทและลักษณะของกล้ามเนื้อในผู้ที่มีภาวะอ้วน (Tomlinson et al., 2016) แต่หลังจากการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาขณะงอขาต่อน้ำหนักตัวทั้งผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติเพิ่มขึ้น และในผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนขณะงอแขนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักส่งผลดีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ โดยในการศึกษานี้ได้มีการนำเอาน้ำหนักเข้ามาใช้ร่วมกับการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงซึ่งมีท่าทางในการออกกำลังกายทั้งแขนและขาจึงอาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในบางส่วนตามลักษณะท่าทางในโปรแกรมการออกกำลังกาย การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อและการเพิ่มขึ้นของการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทั้งนี้การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีความใกล้เคียงกับการออกกำลังกายผสมผสานของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงร่วมกับการฝึกความแข็งแรงด้วยการยกน้ำหนัก ซึ่งจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมากล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์ที่เกิดขึ้นมีความชัดเจนมากขึ้น (แม้จะยังไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้) ในการปรับตัวของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจากการฝึกแบบผสมผสานนี้มีความสัมพันธ์เบื้องต้นกับปัจจัยระดับโมเลกุลที่ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน เช่น การส่งสัญญาณของราฟาไมซินคอมเพล็กซ์วัน (Rapamycin complex 1; mTORC1) ในขณะที่จะเชื่อมโยงกับการสร้างไมโทคอนเดรีย (เกิดจากการกระตุ้นการถอดรหัส PGC-1 $\alpha$  รวมถึง AMPK, CaMK, SIRT1 และ p38) การฝึกความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อจะกระตุ้นสัญญาณเหล่านี้ภายในกล้ามเนื้อและเมื่อทำซ้ำอย่างต่อเนื่องจะส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Fyfe et al., 2019) สอดคล้องกับ Hirsch et al. (2021) พบว่าหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อ และพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle cross-sectional area) ในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน ซึ่งการเพิ่มของมวลกล้ามเนื้อ และพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีอิทธิพลต่อการเพิ่มความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อได้ และBuckinx et al. (2018) ที่พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงส่งผลให้เพิ่มความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อในผู้ที่มีภาวะอ้วนได้ ดังนั้นการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีแนวโน้มต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้

ความอดทนของกล้ามเนื้อ (การลุกนั่ง 60 วินาที) พบว่าก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความอดทนของกล้ามเนื้อ (จำนวนครั้งของการลุกนั่งภายใน 60 วินาที) น้อยกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อาจเกิดจากความเชื่อมโยงของการมีมวลกล้ามเนื้อ และหลอดเลือดฝอยในการลำเลียงพลังงานไปยังบริเวณกล้ามเนื้อมีน้อยในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง นอกจากนี้การมีค่าดัชนีมวลกายสูงก็มีความสัมพันธ์ต่อการ

ลดลงของความอดทนของกล้ามเนื้อด้วย (Hasan et al., 2016) แต่หลังจากการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรพบว่าทั้งผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีความอดทนของกล้ามเนื้อ (การลุกนั่ง 60 วินาที) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักนั้นส่งผลต่อการเพิ่มความอดทนให้กับกล้ามเนื้อ ทั้งนี้อาจเกิดจากหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักนั้นมีความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น จึงช่วยให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย เกิดการลดลงของการผลิตประสาทซิมพาเทติกที่กล้ามเนื้อ เกิดการไล่กรดแลคติกในกล้ามเนื้อ และมีการขับเคลื่อนออกของแลคเตทที่ดีขึ้น (Laursen & Jenkins, 2001) ดังนั้นการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรจึงส่งผลต่อการเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Boidin et al. (2015) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในน้ำและบนบกส่งผลให้ผู้ที่มีภาวะอ้วนเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อขาได้ และในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีความอดทนของกล้ามเนื้อน้อยกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติ

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_2\max$ ) ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าระบบการไหลเวียนเลือดและการหายใจในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอันเนื่องจากการมีไขมันสูงในร่างกายจึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง ทำให้กล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับการหายใจมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง (Stenglein, 2017) และภาวะอ้วนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งเกิดจากการลดลงของสมรรถภาพหัวใจระหว่างการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนซึ่งเกิดจากความเสื่อมของร่างกายที่เกิดจากการมีจำนวนไขมันในร่างกายมากเกินไปจึงมีผลต่อการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดและการหายใจ และการส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อเมื่อมีการออกกำลังกาย (Setty et al., 2013) แต่หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรในผู้ที่มีน้ำหนักปกติสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ก่อนออกกำลังกาย  $21.52 \pm 1.39$  หลังออกกำลังกายแบบสลับช่วง  $22.28 \pm 1.39$ ) การเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักรอาจเกิดจากการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial capacity) ซึ่งมีการกระตุ้นเพอรอกซิโซม โพรลiferator แอคทิเวท รีเซพเตอร์ โคแอกทิเวเตอร์ (Peroxisome-proliferator activated receptor  $\alpha$  coactivator; PGC-1 $\alpha$ ) ซึ่งเป็นตัวควบคุมการสร้างไมโทคอนเดรียในกล้ามเนื้อ โดยจะมีการเพิ่มเอมอาร์เอ็นเอพีจีซีวันแอลฟา (PGC-1 $\alpha$  mRNA) หลายเท่าหลังการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนัก

สูง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของไมโตรคอนเดรียที่เพิ่มสูงขึ้นเกิดจากการระเบิดพลังระยะสั้นของความหนักการออกกำลังกายแบบสลับช่วง ทำให้เกิดการหายใจในระดับเซลล์ได้ยาวนานมากขึ้น ทำให้เพิ่มความสามารถต่อการฝึกออกกำลังกายได้มากขึ้น (Gibala et al., 2012) และเกิดการปรับปรุงการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อขณะที่มีการออกกำลังกายเนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดยังคงไม่เปลี่ยนแปลงเพื่อตอบสนองต่อการฝึกความอดทนในการออกกำลังกาย การปรับปรุงการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อในช่วงที่มีความหนักสูงสามารถเพิ่มปริมาตรเลือดที่หัวใจสูบฉีดเลือดใน 1 ครั้ง (Stroke volume) ซึ่งการเพิ่มปริมาตรเลือดที่หัวใจสูบฉีดเลือดใน 1 ครั้งจะช่วยเพิ่มการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้ายจึงเพิ่มแรงบีบหรือดึงเลือดกลับมายังหัวใจได้มากขึ้น จึงทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณเลือดในหัวใจมากขึ้น จากการเพิ่มขึ้นของปริมาตรเลือดที่หัวใจสูบฉีดเลือดใน 1 ครั้ง จึงส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณเลือดที่ส่งออกจากหัวใจต่อนาที (Cardiac output) ซึ่งเป็นปัจจัยต่อการเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่เพิ่มสูงขึ้น (Laursen & Jenkins, 2001) ดังนั้นการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักจะส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติได้ สอดคล้องกับ Batacan et al. (2018) ได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกกำลังกายสลับช่วงพบว่า การออกกำลังกายสลับช่วงในระยะสั้นน้อยกว่า 12 สัปดาห์สามารถส่งผลให้มีการปรับปรุงสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ และการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในระยะยาว มากกว่าหรือเท่ากับ 12 สัปดาห์ก็ส่งผลต่อสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนในผู้ที่มีภาวะอ้วนเช่นกัน และผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ส่วนความอ่อนตัวในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แต่หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีความอ่อนตัวมากขึ้น อาจเกิดจากทั้งก่อนและหลังโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีช่วงของการอบอุ่นร่างกายและคลายอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆ ของร่างกาย จึงอาจส่งผลต่อความยืดหยุ่นของร่างกายทั้งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติได้ สรุปได้ว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้

#### **ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อตัวแปรด้านการใช้พลังงาน**

การใช้พลังงานขณะพักต่อน้ำหนักตัวพบวก่อนฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีค่าต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการใช้พลังงานในขณะพักต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติเนื่องจากการมีมวลร่างกายปราศจากไขมันต่ำ ความแตกต่างของมวลกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมันสูงทั้งนี้การถดถอยของการใช้พลังงานเทียบกับมวล

ร่างกายปราศจากไขมัน อาจเป็นผลมาจากมวลเนื้อเยื่อไขมัน (Bernstein et al., 1983) แต่หลังฝึก ออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้มีภาวะอ้วนรุนแรงมีการเผาผลาญไขมันสูงขึ้นและการเผาผลาญของ คาร์โบไฮเดรตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ถึงแม้ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจะมีการใช้ พลังงานขณะพักต่อน้ำหนักตัวไม่สูงขึ้นในทางสถิติ แต่พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น ส่วนในผู้ที่มีน้ำหนักปกติมี ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานขณะพักสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 การเพิ่มการใช้พลังงาน ขณะพักและการเพิ่มการเผาผลาญของไขมันในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจะส่งผลดีต่อความสมดุลของ ระบบเผาผลาญพลังงาน เพิ่มความสามารถในการปรับอัตราการผลิตพลังงาน การไหลเวียนของเลือด และการใช้สารตั้งต้น เพิ่มความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตหรือกรดไขมันในผู้ที่มีภาวะอ้วน ช่วย ให้ควบคุมน้ำหนัก ลดน้ำหนัก ป้องกันการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว การเผาผลาญของไขมันที่เพิ่มขึ้นจะ ส่งผลให้เกิดการลดลงของการเก็บกักคาร์โบไฮเดรตในกล้ามเนื้อ ลดการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อ และ ลดการเกิดภาวะดื้ออินซูลินได้ (Galgani&Ravussin, 2008; Kelley et al., 1999) การใช้พลังงาน ขณะพัก และการเผาผลาญไขมันที่เพิ่มขึ้น อาจเกิดจากการออกกำลังกายแบบสลับช่วงเป็นการออก กำลังกายที่ความหนักสูงในช่วงระยะสั้นสลับกับช่วงพัก ร่างกายจะมีกลไกในการกักเก็บพลังงานได้อย่าง รวดเร็ว และเต็มที่ เนื่องจากในช่วงแรกของการออกกำลังกายร่างกายต้องการออกซิเจนในปริมาณที่ สูงเพื่อไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ แต่การหายใจและการไหลเวียนเลือดที่ต้องการให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ ออกซิเจนเพื่อนำไปเลี้ยงกล้ามเนื้อไม่สอดคล้องกับความต้องการจึงนำพลังงานจากแหล่งสะสม พลังงานที่เก็บกักไว้ในเซลล์มาใช้ โดยมีออกซิโมโกลบิน (Oxymyoglobin) เป็นแหล่งกักเก็บ พลังงานในเซลล์ และมีครีอะตินฟอสเฟต (Creatine phosphate; CrP) ฟอสฟาเจน (Phosphagen) ที่เติมไปด้วยพลังงานมาใช้ หลังจากนั้นเมื่อมีการสลับช่วงกับระยะพักจะเกิดการกักเก็บพลังงานไปเก็บไว้ ที่ออกซิโมโกลบินและมีการกลับคืนของครีอะตินฟอสเฟตได้อย่างรวดเร็วและเต็มที่ จึงส่งผลต่อการ เพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption) ของร่างกายซึ่งเป็นการตัวบ่งชี้ถึง ประสิทธิภาพของการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Tschakert & Hofmann, 2013) และมีการเพิ่ม พีจีซีวันแอลฟา (PGC-1 $\alpha$ ) ทำให้มีการผลิตไมโทคอนเดรียเพิ่มสูงขึ้นทำให้อัตราการเผาผลาญ พลังงานในร่างกายเพิ่มขึ้น และเพิ่มการเผาผลาญไขมันที่กล้ามเนื้อ (Gibala et al., 2012) และ หลังจากการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในการศึกษานี้พบการเพิ่มขึ้นของ มวลกล้ามเนื้อจึงอาจเป็นอีกเหตุผลในการเพิ่มการใช้พลังงานขณะพัก โดยการเพิ่มขึ้นของมวล กล้ามเนื้อจะส่งผลให้เกิดการเผาผลาญไขมันบริเวณกล้ามเนื้อมากขึ้น นอกจากนี้ในการศึกษานี้ยัง พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีอัตรา การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะพักต่ำลงในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อาจเกิดจากหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีการเพิ่มการเผาผลาญไขมันขณะพัก จึงส่งผลต่อการ ลดลงของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตแสดงให้เห็นว่าร่างกายในขณะพักมีความต้องการพลังงาน

น้อยลง ดังนั้นจึงมีการลดการกักเก็บคาร์โบไฮเดรตที่กล้ามเนื้อ จึงส่งผลต่อการลดไขมันในร่างกาย (Galgani&Ravussin, 2008) ดังนั้นหากออกกำลังกายแบบสลับช่วงนานมากกว่า 12 สัปดาห์ องค์ประกอบของร่างกายอาจพบการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น ทั้งนี้มีรายงานการศึกษาที่พบว่าการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงมากกว่า 2 สัปดาห์สามารถเพิ่มการเผาผลาญพลังงานที่กล้ามเนื้อ เมื่อฝึกการออกกำลังกายแบบสลับช่วง 6 สัปดาห์จะส่งผลต่อการเผาผลาญไขมัน และหากฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงมากกว่า 6 สัปดาห์เป็นต้นไปจะส่งผลให้มีการเพิ่มการเผาผลาญไขมันที่กล้ามเนื้อมากขึ้น (Alahmadi, 2014) ดังนั้นการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักจึงส่งผลต่อการเพิ่มการเผาผลาญพลังงาน การเผาผลาญไขมันในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง สอดคล้องกับ Perry et al. (2008) พบว่าหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีการเพิ่มขึ้นของการเผาผลาญพลังงานทั้งร่างกาย และการเผาผลาญไขมันในกล้ามเนื้อ และ Lazzer et al. (2017) พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนมีการเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้นหลังจากออกกำลังกายแบบสลับช่วงมากกว่าการออกกำลังกายแบบความหนักต่ำ

#### **ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด**

การวิเคราะห์ตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดหลังการฝึกออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ ในผู้ที่มีภาวะอ้วนมีค่าของโลเวนซิตีไลโปโปรตีนลดลง และผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีไฮเดนซิตีไลโปโปรตีนและอติโพเนคตินเพิ่มขึ้น แต่มีเลปตินลดลง จึงอภิปรายได้ว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีแนวโน้มในการปรับปรุงสารชีวเคมีในเลือดที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจได้ทั้งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Khammassi et al. (2018) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงระยะเวลา 12 สัปดาห์ส่งผลต่อการลดลงของระดับไขมันในเลือด ปรับปรุงองค์ประกอบของร่างกาย และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนดีขึ้น Gerosa et al. (2016) พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วง มีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ส่งผลต่อการอักเสบของหลอดเลือดโดยมีระดับน้ำตาลในเลือดที่ดีขึ้น และ Fisher et al. (2015) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงส่งผลต่อการปรับปรุงคอลเลสเตอรอล โลเวนซิตีไลโปโปรตีน มีไฮเดนซิตีไลโปโปรตีน และไตรกลีเซอไรด์ ถึงแม้ว่าระดับเลปตินและอติโพเนคตินในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางสถิติ แต่จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนการออกกำลังกายพบว่าระดับเลปตินลดลง เป็นแนวโน้มที่บ่งถึงการออกกำลังกายแบบสลับช่วงส่งผลต่อการเพิ่มการใช้พลังงานในร่างกายโดยเลปตินเกี่ยวข้องกับขบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายที่จำเป็นต้องอาศัยโปรตีนอื่นๆ โดยหลังจากที่เลปตินจับกับรีเซปเตอร์ที่อยู่ในสมองส่วนไฮโปทาลามัสแล้วนั้น จะลดการหลั่งสารนิวโรเปปไทด์ วาย (Neuropeptide Y; NPY) ลงซึ่งสารชนิดนี้จะมีผลทำให้ร่างกายลดการใช้พลังงานลงแต่จะกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกหิวขึ้นมาแทน (Yang & Barouch, 2007) ดังนั้นการลดลงของเลปตินหลังการ

ออกกำลังกายแบบสลับช่วงจะช่วยลดความหิวและเพิ่มการเผาผลาญพลังงานในร่างกายได้ สอดคล้องกับ Racil et al. (2016) พบว่า การออกกำลังกายแบบสลับช่วงส่งผลต่อการลดลงของเลปตินในเลือด ในผู้หญิงที่มีภาวะอ้วนซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมากกับเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และ Tremblay et al. (2019) พบว่าหลังจากออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่มีความหนักสูงร่วมกับการฝึกความอดทน 21 วัน และ 3 เดือนส่งผลต่อระดับเลปตินในเลือดลดลง นอกจากนี้ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงค่าเฉลี่ยอะดิโปเนคตินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายแสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงส่งผลต่อการต้านภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง เนื่องจากอะดิโปเนคตินมีผลกระตุ้นการสร้าง และการทำงานของเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ที่ ลดการเคลื่อนที่และการรวมตัวของโมโนไซต์ที่ผนังหลอดเลือด ยับยั้งการแสดงออก (Expression) และการทำงานของตัวรับ สเคพเวนเจอร์ รีเซพเตอร์ คลาส เอวัน (Scavenger receptor class A1; SR-A1) บนแมโครฟาจทำให้ลดการนำการเผาผลาญไขมันแอลดีแอล (Oxidized LDL) เข้าสู่แมโครฟาจยับยั้งการเกิดโฟมเซลล์ (Foam cell) และยับยั้งการกระตุ้นโดยโกรทแฟคเตอร์ (Growth factor) ที่เซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด ทำให้ลดการเจริญของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด (Berg et al., 2002; Haluzik et al., 2004) และช่วยต้านการอักเสบของหลอดเลือดได้ (Robinson et al., 2011) สอดคล้องกับ Racil et al. (2013) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงส่งผลต่อระดับอะดิโปเนคตินในเลือดในผู้หญิงที่มีภาวะอ้วน

ระดับภาวะดื้ออินซูลินหลังออกกำลังกายทั้งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยลดลง แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังแบบสลับช่วงมีแนวโน้มในการลดระดับน้ำตาล และอินซูลินลงซึ่งในการศึกษานี้พบว่าหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีค่าเฉลี่ยลดลงถึงแม้จะไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ส่วนระดับน้ำตาลในเลือดไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ภาวะดื้ออินซูลินเป็นภาวะที่บ่งบอกถึงการอักเสบของหลอดเลือด เนื่องจากจะทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระแอคทีฟ ออกซิเจน สปีชี (Reactive oxygen species; ROS) ในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลต่อการเกิดการทำงานของหลอดเลือด (Stapleton et al., 2008) ดังนั้นการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักมีแนวโน้มทำให้เกิดการลดลงของภาวะดื้ออินซูลินอันส่งผลต่อการปรับปรุงการของหลอดเลือดได้ สอดคล้องกับ Matos et al. (2018) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงช่วยลดภาวะดื้ออินซูลินในผู้ที่มีภาวะอ้วนและมีภาวะดื้ออินซูลินได้ และ Gallo-Villegas et al. (2018) พบว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีปริมาณต่ำสามารถลดภาวะดื้ออินซูลินในผู้ที่มีความผิดปกติของการเผาผลาญพลังงานได้

ไนตริกออกไซด์ถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงหลัง การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก แต่มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายจึงสรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมี

แนวโน้มส่งผลให้มีการผลิตไนตริกออกไซด์ที่สูงขึ้นจากการเพิ่มแรงเค้นในหลอดเลือดทำให้เกิดการกระตุ้นเอนโดทีเลียลให้ผลิตไนตริกออกไซด์ จากตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส (eNOS) และวาสคูลาเอนโดทีเลียลโกรทแฟคเตอร์ (VEGF) ซึ่งมีบทบาทในการเพิ่มการสร้างเซลล์ต้นกำเนิดของหลอดเลือด (EPCs) โดยการออกกำลังกาย (Fernandes et al., 2012) ส่งผลต่อความยืดหยุ่นของหลอดเลือดที่ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Jo et al. (2020) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบสลับช่วงกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องในผู้ที่มีภาวะเมแทบอลิซินโดรมและมีความดันโลหิตสูงร่วม พบว่าไนตริกออกไซด์เพิ่มขึ้นหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักแต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ส่วนเกรลินในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงต่ำกว่าในผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากระดับเกรลินในพลาสมาสัมพันธ์ผกผันกับดัชนีมวลกาย ดังนั้นระดับเกรลินจึงลดลงในผู้ที่มีภาวะอ้วนเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติ มีหลักฐานมากมายที่พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนเกิดการติดต่อเกรลินโดยลดการตอบสนองของ NPY/AgRP ต่อพลาสมาเกรลินและยับยั้งแกนประสาทต่อมไร้ท่อในการพยายามจำกัดการบริโภคอาหารเพิ่มเติม ดังนั้นระดับของเกรลินในผู้ที่มีภาวะอ้วนลดลงอาจทำให้รู้สึกอิ่มน้อยลง โดยจะส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและมีการลดการใช้พลังงาน (Scerif et al., 2011) ถึงแม้หลังการออกกำลังกายแบบสลับช่วงจะพบว่าระดับเกรลินในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แสดงได้ว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีแนวโน้มในการเพิ่มระดับเกรลินมากขึ้น สอดคล้องกับ Tremblay et al. (2019) ที่พบว่าหลังจากออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่มีความหนักสูงร่วมกับการฝึกความอดทน 21 วัน และ 3 เดือนส่งผลต่อให้ระดับเกรลินในพลาสมาสูงขึ้นในผู้ที่มีน้ำหนักเกิน ส่วนมาลอนไดแอลดีไฮด์หลังการออกกำลังกายแบบสลับช่วงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับผู้ที่มีน้ำหนักปกติ หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมาลอนไดแอลดีไฮด์ไม่ลดลง อาจเนื่องมาจากมาลอนไดแอลดีไฮด์ เป็นแอลดีไฮด์ชนิดหนึ่งที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาผลาญไขมันเกิดจากกระบวนการลิปิด เพอออกซิเดชัน (Lipid peroxidation) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับภาวะที่มีอนุมูลอิสระมากจนสารต้านอนุมูลอิสระมีไม่เพียงพอ (Oxidative stress) (Demircan et al., 2008) ซึ่งการออกกำลังกายแบบสลับช่วงยังไม่พบการลดลงของน้ำหนักตัวทำให้ค่าสารอนุมูลอิสระรีแอคทีฟ ออกซิเจน สปีชี (Reactive oxygen species; ROS) ที่ส่งผลต่อการลดลงของสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ในคนอ้วนไม่เกิดการแตกต่างแสดงถึงโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในการศึกษานี้ไม่มีความหนักที่จะทำให้เกิดการสะสมของอนุมูลอิสระในเซลล์ โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีความหนักที่เหมาะสม ดังนั้นสรุปได้ว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักสามารถช่วยให้เกิดการปรับปรุงสารชีวเคมีในเลือดให้ดีขึ้นได้

## ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักต่อตัวแปรด้าน คุณภาพชีวิต กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า

การศึกษานี้พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก และหลังการฝึกออกกำลังกายทั้งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงและผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติจากก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก แต่มีค่าเฉลี่ยของกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันสูงขึ้นจากก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ซึ่งก่อนฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันอยู่ในเกณฑ์ระดับความหนักปานกลาง แต่หลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันอยู่ในเกณฑ์ระดับความหนักสูง (ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย  $1468.33 \pm 476.96$  เมต-นาท/สัปดาห์) หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย  $3835.33 \pm 668.25$  เมต-นาท/สัปดาห์) ส่วนในผู้ที่มีน้ำหนักปกติก่อนและหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง (ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย  $810.00 \pm 441.58$  เมต-นาท/สัปดาห์ หลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย  $2051.86 \pm 618.68$  เมต-นาท/สัปดาห์) ทั้งนี้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันสูงกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติอาจเนื่องจากช่วงของการเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19 กลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะอ้วนรุนแรงยังคงอยู่วัยทำงาน โดยบริษัทที่ทำงานยังคงไม่มีนโยบายในการทำงานที่บ้านจึงมีการเดินทางเพื่อไปทำงานอยู่ โดยส่วนมากการเดินทางจะเป็นการเดินทางแต่ในผู้ที่มีน้ำหนักปกติส่วนมากจะเป็นกลุ่มนิสิต และผู้ที่ทำงานอยู่ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งในช่วงการเก็บข้อมูลมีการประกาศการทำงานที่บ้านเป็นระยะเวลานานทำให้กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติไม่มีกิจกรรมทางกายในการเดินทางเลย

คุณภาพชีวิตในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีคะแนนน้อยกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกติทั้งก่อนและหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง ซึ่งในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงก่อนและหลังฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงมีคะแนนคุณภาพชีวิตอยู่ในเกณฑ์คุณภาพชีวิตกลางๆ (ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก  $91.83 \pm 2.96$  และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก  $94.83 \pm 3.38$ ) ส่วนในผู้ที่มีน้ำหนักปกติก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีคะแนนคุณภาพชีวิตอยู่ในเกณฑ์คุณภาพชีวิตดี (ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก  $104.21 \pm 2.74$  และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก  $106.43 \pm 3.13$ ) และพบว่าหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วงทั้งผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง



และผู้ที่มิน้ำหนักปกติมีคะแนนคุณภาพชีวิตไม่แตกต่างจากก่อนฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงอาจจะเป็นที่ภาพลักษณ์ของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงยังไม่มี การเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด และคุณภาพชีวิตในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีคะแนนน้อยกว่าผู้ที่มีน้ำหนักปกตินั้นอาจเนื่องจากผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีภาวะอ้วนเรื้อรังและมีการดำเนินชีวิตที่แตกต่างจากผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ซึ่งค่าดัชนีมวลกายที่สูงมีความสัมพันธ์ต่อสุขภาพที่ไม่ดีที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิต ดังนั้นสุขภาพจิตในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงเป็นอิทธิพลหลักที่ส่งผลกระทบต่อ การรายงานสุขภาพทางกายด้วยตนเอง (self-reported physical health) ได้แก่ การทำงานของสมรรถภาพทางกาย บทบาทการทำงานของร่างกาย และอาการเจ็บปวดของร่างกาย (Fabricatore et al., 2005; Andersen et al., 2010)

ภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงกับกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหลังการฝึกออกกำลังกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้อาสาสมัครกลุ่มที่มีภาวะอ้วนรุนแรงในการศึกษานี้ไม่พบปัญหาของการเกิดภาวะซึมเศร้า อาจเกิดจากกลุ่มอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วนรุนแรงยังมีกิจกรรมทางกายปกติ และส่วนใหญ่เป็นผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัว ทั้งนี้จากการศึกษาที่ผ่านมาอาจจะไม่สอดคล้องกับผลการศึกษานี้ แต่อย่างไรก็ตามความเกี่ยวข้องกันของการเกิดภาวะซึมเศร้า การมีกิจกรรมทางกายต่ำ และคุณภาพชีวิตต่ำก็ส่งผลจากการมีภาวะอ้วนรุนแรง ดัง Dixon et al. (2003) ได้ทำการศึกษาถึงเรื่องนี้และพบว่าการประเมินภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงที่มีระดับคะแนนสูงมีความสัมพันธ์กับการมีกิจกรรมทางกายที่ต่ำ และการมีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดี แต่เมื่อทำการลดน้ำหนักจะส่งผลให้คะแนนการประเมินภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงลดลง จะเห็นได้ว่าการมีน้ำหนักตัวสูงส่งผลต่อการเกิดภาวะซึมเศร้า ซึ่งมีความสัมพันธ์มาจากสมรรถภาพทางกายที่ถดถอยเนื่องจากการมีกิจกรรมทางกายต่ำ จึงส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

สรุปได้ว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการฝึกออกกำลังกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้ด้วยตนเอง ไม่ก่อให้เกิดอันตราย และมีความสนุกสนาน การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักอย่างต่อเนื่องจะส่งผลดีต่อองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด เพิ่มการเผาผลาญพลังงาน ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ช่วยเพิ่มกิจกรรมทางกาย พัฒนาคุณภาพชีวิตและลดการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้

## สรุปผลการศึกษาวิจัยในภาพรวม

การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้คิดค้นการออกกำลังกายแบบสลับช่วงโดยใช้ท่าทางที่เหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงซึ่งไม่มีแนวกระทรวงการต่อข้อเข่าและข้อเท้า และได้เพิ่มความหนักของการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านด้วยน้ำหนัก (ดัมเบล) ทำให้การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักส่งผลดีต่อผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงทั้งแบบฉับพลันและระยะยาวโดยแบบฉับพลันมีการใช้พลังงานสูงในขณะออกกำลังกาย การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนหลังออกกำลังกายแบบสลับช่วงสูงขึ้น และการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักมีคะแนนความสนุกสนานมากกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องเป็นปัจจัยหนึ่งในการส่งเสริมให้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่อง และในระยะยาวผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงมีองค์ประกอบ ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อ และมวลกระดูกสูงขึ้น ส่วนการทำงานของหลอดเลือดความหนาตัวของหลอดเลือดลดลง และมีการขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียนสูงขึ้น มีสมรรถภาพทางกายที่ดีขึ้นได้แก่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว ลดไขมันไลโปโปรตีน (LDL) และมีแนวโน้มในการเพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายขณะพัก การเผาผลาญไขมันไนตริกออกไซด์ อะดีโพเนคติน และลีดเลปติน อีกทั้งยังส่งเสริมให้มีกิจกรรมทางกาย การลดภาวะซึมเศร้า และการมีคุณภาพชีวิตที่ดีในผู้ที่มีภาวะอ้วนได้

## ข้อจำกัดของการวิจัย

การเกิดสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 การเก็บข้อมูลเป็นไปด้วยความไม่สะดวกและทำให้การนัดหมายพบเจอกับผู้เข้าร่วมวิจัยล่าช้าลดลงเหลือเพียง 1 ครั้ง และมีการติดตามผ่านทางไลน์แอฟริเคชั่นแทน

## ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักจะมีความหนักสูงสลับกับความหนักเบา การนำโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักไปใช้ในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงควรได้รับการตรวจสอบสุขภาพและได้รับอนุญาตให้ออกกำลังกายในรูปแบบนี้ จากแพทย์ประจำตัวก่อนและระหว่างการออกกำลังกายควรอยู่ในความดูแลของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกาย

2. การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักควรปฏิบัติอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ร่วมกับการควบคุมการรับประทานอาหาร จึงจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

3. การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักเป็นทางเลือกหนึ่งในการออกกำลังกายที่มีความสนุกสนานเหมาะสมสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และสามารถนำมาออกกำลังกายร่วมกันเป็นกลุ่มเพิ่มความสนุกสนานและการเข้าสังคมได้

4. ควรค่อยๆ เพิ่มความหนักของการออกกำลังกายจนถึงระดับสูงอย่างค่อยเป็นค่อยไป

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักควบคู่กับการกำหนดโปรแกรมการรับประทานอาหารเพื่อควบคุมน้ำหนัก เพื่อให้เห็นผลการเปลี่ยนแปลงด้านองค์ประกอบของร่างกาย และสารชีวเคมีในเลือดมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการปรับปรุงทำการออกกำลังกายให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มบุคคลพิเศษอื่นต่อไป

3. ควรทำการวัดการไหลเวียนของเลือด (Hemodynamics) ของกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาอธิบายกลไกการปรับตัวของร่างกายต่อการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักให้ละเอียดมากขึ้น

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข.(2558). แนวทางการใช้เครื่องมือด้านสุขภาพจิตสำหรับบุคลากรสาธารณสุขในโรงพยาบาลชุมชน (คลินิกโรคเรื้อรัง) ฉบับปรับปรุง. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: สำนักส่งเสริมและพัฒนาสุขภาพจิต กรมสุขภาพจิต.
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2552). คู่มือเฝ้าระวังการเคลื่อนไหวออกแรง/ออกกำลังในประชากรทั่วไป ระดับจังหวัด โดยวิธีการสำรวจภาคตัดขวาง. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก [http://203.157.7.40/exercise/tiki-download\\_file.php?fileId=20](http://203.157.7.40/exercise/tiki-download_file.php?fileId=20)
- กำธร ยลสุริย์วงศ์. (2559). โรคอ้วนกับการผ่าตัด. หมอชาวบ้าน, 38(446), 34-36
- โชคชัย วงศ์สินทรัพย์. (2560). ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของยาลดความอ้วน. สืบค้นจาก [ccpe.pharmacycouncil.org/showfile.php?file=336](http://ccpe.pharmacycouncil.org/showfile.php?file=336)
- ชัยชาญ ดีโรจนวงศ์. (2549). Metabolic syndrome (โรคอ้วนลงพุง). วารสารวิทยาลัยอายุรแพทย์. 23, 5-17.
- ณิชา สมหล่อ. (2558). การดูแลผู้ป่วยโรคอ้วนในเวชปฏิบัติ. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก [http://www.rcot.org/datafile/\\_file/\\_doctor/a7ab874d0fc8818ba8baf201d3eeb2d5.pdf](http://www.rcot.org/datafile/_file/_doctor/a7ab874d0fc8818ba8baf201d3eeb2d5.pdf)
- ดร.ณวรรณ สุขสม, สุพรรณ สุขอรุณ, และสุวิมล ทรัพย์วโรบล. (2553). รายงานการวิจัย เรื่องผลของการเดินสแตปแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะ หน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด และสารชีวเคมีในเลือดของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เข้าร่วมโครงการที่มีน้ำหนักเกิน. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดร.ณวรรณ สุขสม. (2561). การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงฉลาด. (2536). ปทานุกรมศัพท์กีฬาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีรพล อังกูรภักดีกุล. (2560). การผ่าตัดรักษาโรคอ้วน (Bariatric Surgery). [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก [www.thaisurgeons.or.th/obesity/Obesity.pdf](http://www.thaisurgeons.or.th/obesity/Obesity.pdf)

- นภัสกร ชื่นศิริ. (2557). การเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงและที่ความหนักสูงมากต่อการใช้พลังงาน องค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือดในเด็กอ้วน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาตรีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- ประทุม ม่วงมี. (2532). อินเทอร์วาล เทรนนิ่ง คู่มือการฝึกกีฬา. กรุงเทพฯ: อมรรการพิมพ์.
- ปิยะพงษ์ สายสวาท. (2558). ผลของโปรแกรมการฝึกแบบหนักสลับเบาพร้อมกับหลักการความก้าวหน้าต่อดัชนีมวลกายองค์ประกอบของร่างกายและความสามารถในการนาออกซิเจนไปใช้สูงสุดของนักศึกษาหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา).
- พันโทฉัฐชัย มีชั้นช่วง. (2553). คุณภาพชีวิต คุณภาพชีวิตในการทำงาน และพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ : กรณีศึกษาข้าราชการนายทหารประทวนในสังกัดกรมทหารปืนใหญ่ที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).
- แพรว สุวรรณศรีสุข. (2557). การเปลี่ยนแปลงของระดับอัลโตสเตอรอน 3 เดือน หลังการลดน้ำหนักโดยการผ่าตัดในผู้ป่วยโรคอ้วน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- มณีนทร รักษ์บำรุง. (2546). ผลการฝึกวิ่งแบบต่อเนื่องควบคู่กับการฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อแอนแอโรบิคเทรซโฮล ปริมาณฮีมาโตคริต และความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา).
- รายงานสุขภาพคนไทยปีพ.ศ. 2557. (2557). “ชุมชนท้องถิ่นจัดการตัวเอง” สู่การปฏิรูปประเทศจากฐานราก. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก <http://www.thaihealthreport.com/report2557>
- รุ่งรัตน์ นิลธเสน. (2559). ไนตริกออกไซด์กับโรคหลอดเลือดตีบแข็ง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียว เฉลิมพระเกียรติ (ผ่านการรับรองคุณภาพอยู่ในฐานข้อมูล Thai-Journal Citation Index (TCI) กลุ่มที่ 1), 2(1), 71-79.
- วิมล พันธุ์เวทย์. (2556). บทบาทของอะดิโปเนกทินต่อกลุ่มอาการเมแทบอลิก. ธรรมศาสตร์วารสาร, 13(3), 393-406.
- สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2553). แนวทางเวชปฏิบัติการป้องกันและดูแลรักษาโรคอ้วน. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด: สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

- สิทธิ พงษ์พิบูลย์. (2556). การป้องกันและบำบัดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังด้วยการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สุริยะ พันธุ์ชัย. (2556). การรักษาโรคอ้วนด้วยวิธีการผ่าตัด (Bariatric Surgery) [ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์]. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 29 ประจำปี 2556, 28 (suppl). 116-126.
- สุวัฒน์ มหิรินทร์กุล และคณะ. (2540). เปรียบเทียบแบบวัดคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกทุก 100 ตัวชี้วัด และ 26 ตัวชี้วัด. โรงพยาบาลสวนปรุง จังหวัดเชียงใหม่
- .เสาวลักษณ์ ศิริปัญญา. (2560). ผลของการเดินสมาธิต่อการทำงานของหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคเมเร็ง เต้านมระหว่างรับยาเคมีบำบัดกลุ่มแอนทราไซคลิน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- เสาวลักษณ์ สุนทรลักษณ์. (2551). การเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการ ฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกพร้อมกับการใช้แรงต้านที่มีต่อการเผาผลาญพลังงานและสุข สมรรถนะของหญิงภาวะน้ำหนักเกิน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย).
- เสาวลักษณ์ สุนทรลักษณ์. (2558). ผลของการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในน้ำอุ่นและน้ำเย็นต่อ การทำงานของหลอดเลือดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- อมรเทพ วันดี. (2558). การเปรียบเทียบผลของการฝึกต่อเนื่อง การฝึกหนักสลับเบา และการฝึกหนัก สลับเบาที่ความหนักสูง ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายในนักศึกษาชาย สาขาวิชาพลศึกษา คณะครุ ศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. (โครงการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์),
- อรพรรณ ลือบุญธวัชชัย และ พิรพนธ์ ลือบุญธวัชชัย. (2553). การบำบัดรักษาทางจิตสังคมสำหรับโรค ซึมเศร้า. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โอภา วัชรคุปต์. (2550). สารต้านอนุมูลอิสระ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: นิวไทม์มิตรการพิมพ์.

## ภาษาอังกฤษ

Ahmad, S. I. (2016). Obesity and diabetes. In Obesity (pp. 117-130). Springer, Cham.

Alahmadi, M. A. (2014). High-intensity interval training and obesity. J Nov

Physiother, 4(3), 211.

Alahmadi, M. A. (2014). High-intensity interval training and obesity. *J Nov Physiother*, 4(3), 211.

Albrecht, E. W., Stegeman, C. A., Heeringa, P., Henning, R. H., & van Goor, H. (2003). Protective role of endothelial nitric oxide synthase. *The Journal of pathology*, 199(1), 8-17.

Alkahtani, S. A., King, N. A., Hills, A. P., & Byrne, N. M. (2013). Effect of interval training intensity on fat oxidation, blood lactate and the rate of perceived exertion in obese men. *Springerplus*, 2(1), 532.

American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.

Andersen, J. R., Aasprang, A., Bergsholm, P., Sletteskog, N., Våge, V., & Natvig, G. K. (2010). Anxiety and depression in association with morbid obesity: changes with improved physical health after duodenal switch. *Health and quality of life outcomes*, 8(1), 52.

Archundia-Herrera, C., Macias-Cervantes, M., Ruiz-Muñoz, B., Vargas-Ortiz, K., Kornhauser, C., & Perez-Vazquez, V. (2017). Muscle irisin response to aerobic vs HIIT in overweight female adolescents. *Diabetology & metabolic syndrome*, 9(1), 101.

Arner, P., & Rydén, M. (2015). Fatty acids, obesity and insulin resistance. *Obesity facts*, 8(2), 147-155.

Avelar, E., Cloward, T. V., Walker, J. M., Farney, R. J., Strong, M., Pendleton, R. C., ... & Litwin, S. E. (2007). Left ventricular hypertrophy in severe obesity: interactions among blood pressure, nocturnal hypoxemia, and body mass. *Hypertension*, 49(1), 34-39.

Balligand, J. L. (2002). New mechanisms of LDL-cholesterol induced endothelial dysfunction; correction by statins. *Bulletin et memoires de l'Academie royale de medecine de Belgique*, 157(10-12), 427-31.

- Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British journal of sports medicine*, *51*(6), 494-503.
- Berg, A. H., Combs, T. P., & Scherer, P. E. (2002). ACRP30/adiponectin: an adipokine regulating glucose and lipid metabolism. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, *13*(2), 84-89.
- Bernstein, R. S., Thornton, J. C., Yang, M. U., Wang, J., Redmond, A. M., Pierson Jr, R. N., ... & Van Itallie, T. B. (1983). Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. *The American journal of clinical nutrition*, *37*(4), 595-602.
- Blackstone, R. P. (2016). *Obesity: the medical practitioner's essential guide*. Springer.
- Blair, C., Plowman, D. A., & Smith, A. D. (2008). From zero to coding your qualitative data within a matter of hours: Introducing QDA Miner. Academy of Management.
- Boidin, M., Lapierre, G., Tanir, L. P., Nigam, A., Juneau, M., Guilbeault, V., ... & Gayda, M. (2015). Effect of aquatic interval training with Mediterranean diet counseling in obese patients: results of a preliminary study. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, *58*(5), 269-275.
- Bond, B., Hind, S., Williams, C. A., & Barker, A. R. (2015). The acute effect of exercise intensity on vascular function in adolescents. *ISITY*
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med sci sports exerc*, *14*(5), 377-381.
- Borjesson, M., Urhausen, A., Kouidi, E., Dugmore, D., Sharma, S., Halle, M., ... & Corrado, D. (2011). Cardiovascular evaluation of middle-aged/senior individuals engaged in leisure-time sport activities: position stand from the sections of exercise physiology and sports cardiology of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, *18*(3), 446-458.



- Brook, R. D. (2006). Obesity, weight loss, and vascular function. *Endocrine*, 29(1), 21-25.
- Buchheit, M. , & Laursen, P. (2019). Physiological Targets of HIIT. In P. Laursen & M. Buchheit (Ed.). *Science and Application of High-Intensity Interval Training* (pp. 33–50). Champaign, IL: Human Kinetics. Retrieved July 1, 2021, from <http://dx.doi.org/10.5040/9781492595830.ch-003>
- Buckinx, F., Gouspillou, G., Carvalho, L. P., Marcangeli, V., El Hajj Boutros, G., Dulac, M., ... & Aubertin-Leheudre, M. (2018). Effect of high-intensity interval training combined with l-citrulline supplementation on functional capacities and muscle function in dynapenic-obese older adults. *Journal of clinical medicine*, 7(12), 561.
- Bunsawat, K., Ranadive, S. M., Lane-Cordova, A. D., Yan, H., Kappus, R. M., Fernhall, B., & Baynard, T. (2017). The effect of acute maximal exercise on postexercise hemodynamics and central arterial stiffness in obese and normal-weight individuals. *Physiological reports*, 5(7), e13226.
- Burr, J. F., Bredin, S. S., Faktor, M. D., & Warburton, D. E. (2011). The 6-minute walk test as a predictor of objectively measured aerobic fitness in healthy working-aged adults. *The Physician and sportsmedicine*, 39(2), 133-139.
- Cahill, P. A., & Redmond, E. M. (2016). Vascular endothelium–gatekeeper of vessel health. *Atherosclerosis*, 248, 97-109.
- Callahan, M. J., Parr, E. B., Hawley, J. A., & Camera, D. M. (2021). Can High-Intensity Interval Training Promote Skeletal Muscle Anabolism?. *Sports Medicine*, 51(3), 405-421.
- Calverley, T. A., Ogoh, S., Marley, C. J., Steggall, M., Marchi, N., Brassard, P., ... & Bailey, D. M. (2020). HIITing the brain with exercise: mechanisms, consequences and practical recommendations. *The Journal of physiology*, 598(13), 2513-2530.
- Campanha-Versiani, L., Pereira, D. A. G., Ribeiro-Samora, G. A., Ramos, A. V., de Sander Diniz, M. F. H., De Marco, L. A., & Soares, M. M. S. (2017). The effect of a muscle weight-bearing and aerobic exercise program on the body composition,

muscular strength, biochemical markers, and bone mass of obese patients who have undergone gastric bypass surgery. *Obesity surgery*, 27(8), 2129-2137.

Castello, V., Simões, R. P., Bassi, D., Catai, A. M., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2011). Impact of aerobic exercise training on heart rate variability and functional capacity in obese women after gastric bypass surgery. *Obesity surgery*, 21(11), 1739-1749.

Caterina, R. D., & Libby, P. (2007). *Endothelial Dysfunction and Vascular Disease*. Malden: Blackwell Futura.

Cheema, B. S., Davies, T. B., Stewart, M., Papalia, S., & Atlantis, E. (2015). The feasibility and effectiveness of high-intensity boxing training versus moderate-intensity brisk walking in adults with abdominal obesity: a pilot study. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 7(1), 3.

Coates, P. S., Fernstrom, J. D., Fernstrom, M. H., Schauer, P. R., & Greenspan, S. L. (2004). Gastric bypass surgery for morbid obesity leads to an increase in bone turnover and a decrease in bone mass. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(3), 1061-1065.

Corretti, M. C., Anderson, T. J., Benjamin, E. J., Celermajer, D., Charbonneau, F., Creager, M. A., ... & Vallance, P. (2002). Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilation of the brachial artery: a report of the International Brachial Artery Reactivity Task Force. *Journal of the American College of Cardiology*, 39(2), 257-265.

Da Silva, J. F., & Williams, R. J. P. (2001). *The biological chemistry of the elements: the inorganic chemistry of life*. Oxford University Press.

da Silva, M. R., Waclawovsky, G., Perin, L., Camboim, I., Eibel, B., & Lehnen, A. M. (2020). Effects of high-intensity interval training on endothelial function, lipid profile, body composition and physical fitness in normal-weight and overweight-obese adolescents: A clinical trial. *Physiology & behavior*, 213, 112728.

Dâmaso, A. R., da Silveira Campos, R. M., Caranti, D. A., de Piano, A., Fisberg, M.,

Foschini, D., ... & de Mello, M. T. (2014). Aerobic plus resistance training was more effective in improving the visceral adiposity, metabolic profile and inflammatory markers than aerobic training in obese adolescents. *Journal of sports sciences*, 32(15), 1435-1445.

Danielsen, K. K., Svendsen, M., Mæhlum, S., & Sundgot-Borgen, J. (2013). Changes in body composition, cardiovascular disease risk factors, and eating behavior after an intensive lifestyle intervention with high volume of physical activity in severely obese subjects: a prospective clinical controlled trial. *Journal of obesity*, 2013.

De Caterina, R., Libby, P., Peng, H. B., Thannickal, V. J., Rajavashisth, T. B., Gimbrone, M. A., ... & Liao, J. K. (1995). Nitric oxide decreases cytokine-induced endothelial activation. Nitric oxide selectively reduces endothelial expression of adhesion molecules and proinflammatory cytokines. *The Journal of clinical investigation*, 96(1), 60-68.

de Oliveira, G. H., Boutouyrie, P., Simões, C. F., Locatelli, J. C., Mendes, V. H., Reck, H. B., ... & Lopes, W. A. (2020). The impact of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) on arterial stiffness and blood pressure in young obese women: a randomized controlled trial. *Hypertension Research*, 43(11), 1315-1318.

DeVan, A. E., Umpierre, D., Harrison, M. L., Lin, H. F., Tarumi, T., Renzi, C. P., ... & Tanaka, H. (2011). Endothelial ischemia-reperfusion injury in humans: association with age and habitual exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 300(3), H813-H819.

Dhindsa, M., Sommerlad, S. M., DeVan, A. E., Barnes, J. N., Sugawara, J., Ley, O., & Tanaka, H. (2008). Interrelationships among noninvasive measures of postischemic macro-and microvascular reactivity. *Journal of Applied Physiology*, 105(2), 427-432.

Dixon, J. B., Dixon, M. E., & O'Brien, P. E. (2003). Depression in association with severe obesity: changes with weight loss. *Archives of internal medicine*, 163(17), 2058-

2065.

- Donini, L. M., Poggiogalle, E., Mosca, V., Pinto, A., Brunani, A., & Capodaglio, P. (2013). Disability affects the 6-minute walking distance in obese subjects (BMI > 40 kg/m<sup>2</sup>). *PloS one*, *8*(10), e75491.
- Drew, K. (2012). Exercise and bariatric surgery. *ACSM's Certified News*, *22*(3), 11-15.
- Dupuit, M., Boscaro, A., Bonnet, A., Bouillon, P., Bruno, P., Morel, C., ... & Boisseau, N. (2020). Acute metabolic responses after continuous or interval exercise in post-menopausal women with overweight or obesity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *30*(12), 2352-2363.
- Fabricatore, A. N., Wadden, T. A., Sarwer, D. B., & Faith, M. S. (2005). Health-related quality of life and symptoms of depression in extremely obese persons seeking bariatric surgery. *Obesity Surgery*, *15*(3), 304-309.
- Farahati, S., Hosseini, S. R. A., Moazzami, M., Daloe, M. H., & Daloe, S. H. (2020). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on carotid intima-media thickness and ankle-brachial index in middle-aged women. *International Journal of Preventive Medicine*, *11*.
- Faria, S. L., Kelly, E., & Faria, O. P. (2009). Energy expenditure and weight regain in patients submitted to Roux-en-Y gastric bypass. *Obesity surgery*, *19*(7), 856-859.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, *39*(2), 175-191.
- Fernandes, T., Nakamuta, J. S., Magalhães, F. C., Roque, F. R., Lavini-Ramos, C., Schetter, I. T., ... & Oliveira, E. M. (2012). Exercise training restores the endothelial progenitor cells number and function in hypertension: implications for angiogenesis. *Journal of Hypertension*, *30*(11), 2133-2143.
- Fisher, G., Brown, A. W., Brown, M. M. B., Alcorn, A., Noles, C., Winwood, L., ... & 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.
- Frayn, K. N. (1983). Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *Journal of applied physiology*, 55(2), 628-634.
- Fyfe, J. , Buchheit, M. , & Laursen, P. (2019). Incorporating HIIT Into a Concurrent Training Program. In P. Laursen & M. Buchheit (Ed.). *Science and Application of High-Intensity Interval Training* (pp. 119–136). Champaign, IL: Human Kinetics. Retrieved July 15, 2021, from <http://dx.doi.org/10.5040/9781492595830.ch-006>
- Galgani, J., & Ravussin, E. (2008). Energy metabolism, fuel selection and body weight regulation. *International journal of obesity*, 32(7), S109-S119.
- Gallo-Villegas, J., Aristizabal, J. C., Estrada, M., Valbuena, L. H., Narvaez-Sanchez, R., Osorio, J., ... & Calderón, J. C. (2018). Efficacy of high-intensity, low-volume interval training compared to continuous aerobic training on insulin resistance, skeletal muscle structure and function in adults with metabolic syndrome: study protocol for a randomized controlled clinical trial (Intraining-MET). *Trials*, 19(1), 1-10.
- García de la Torre, N., Rubio, M. A., Bordiu, E., Cabrerizo, L., Aparicio, E., Hernández, C., ... & Charro, A. L. (2008). Effects of weight loss after bariatric surgery for morbid obesity on vascular endothelial growth factor-A, adipocytokines, and insulin. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 93(11), 4276-4281.
- Gerosa-Neto, J., Antunes, B. M., Campos, E. Z., Rodrigues, J., Ferrari, G. D., Neto, J. C. R., & Bueno, C. R. (2016). Impact of long-term high-intensity interval and moderate-intensity continuous training on subclinical inflammation in overweight/obese adults. *Journal of exercise rehabilitation*, 12(6), 575.
- Gerosa-Neto, J., Antunes, B. M., Campos, E. Z., Rodrigues, J., Ferrari, G. D., Neto, J. C. R., & Bueno, C. R. (2016). Impact of long-term high-intensity interval and moderate-intensity continuous training on subclinical inflammation in overweight/obese adults. *Journal of exercise rehabilitation*, 12(6), 575.
- Ghardashi-Afousi, A., Davoodi, M., Keshtkar-Hesamabadi, B., Asvadi-Fard, M., Bigi, M. A. B.,

- Izadi, M. R., & Gaeini, A. A. (2020). Improved carotid intima-media thickness-induced high-intensity interval training associated with decreased serum levels of Dkk-1 and sclerostin in type 2 diabetes. *Journal of Diabetes and its Complications*, *34*(1), 107469.
- Gibala, M. J. (2015). Physiological adaptations to low-volume high-intensity interval training. *Sports Science Exchange*, *28*(139), 1-6.
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of physiology*, *59*(5), 1077-1084.
- Gjevestad, E., Hjelmæsæth, J., Sandbu, R., & Nordstrand, N. (2015). Effects of intensive lifestyle intervention and gastric bypass on aortic stiffness: A 1-year nonrandomized clinical study. *Obesity*, *23*(1), 37-45.
- Guerif, S., & Campos Pinheiro, L. (2004). Prostate brachytherapy for volumes over 50 cm<sup>3</sup>: analysis of the dosimetry quality and morbidity; Curietherapie de prostate pour des volumes de plus de 50 cm<sup>3</sup>: analyse de la qualite dosimetrique et de la morbidite.
- Guppy, F. M., Thatcher, R., & Wallace, J. A. (2015). High-intensity interval training: a potential novel method for improving bone mass. *BONE RESEARCH SOCIETY*, *52*.
- Hall, K. D., Sacks, G., Chandramohan, D., Chow, C. C., Wang, Y. C., Gortmaker, S. L., & Swinburn, B. A. (2011). Quantification of the effect of energy imbalance on bodyweight. *The Lancet*, *378*(9793), 826-837.
- Haluzik, M., Parizkova, J., & Haluzik, M. M. (2004). Adiponectin and its role in the obesity-induced insulin resistance and related complications. *Physiological research*, *53*(2), 123-130.
- Hargreaves, M., & Spriet, L. L. (2020). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*, *2*(9), 817-828.
- Hasan, N. A. K. A. K., Kamal, H. M., & Hussein, Z. A. (2016). Relation between body mass

- index percentile and muscle strength and endurance. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 17(4), 367-372.
- Haslam, D. W., & James, W. P. Obesity Lancet. 2005; 366 (9492): 1197–209. CrossRef PubMed Google Scholar.
- Hassannejad, A., Khalaj, A., Mansournia, M. A., Tabesh, M. R., & Alizadeh, Z. (2017). The Effect of Aerobic or Aerobic-Strength Exercise on Body Composition and Functional Capacity in Patients with BMI $\geq$  35 after Bariatric Surgery: a Randomized Control Trial. *Obesity surgery*, 27(11), 2792-2801.
- Holloway, K., Roche, D., & Angell, P. (2018). Evaluating the progressive cardiovascular health benefits of short-term high-intensity interval training. *European journal of applied physiology*, 118(10), 2259-2268.
- Huck, C. J. (2015). Effects of supervised resistance training on fitness and functional strength in patients succeeding bariatric surgery. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 589-595.
- Hue, O., Berrigan, F., Simoneau, M., Marcotte, J., Marceau, P., Marceau, S., ... & Teasdale, N. (2008). Muscle force and force control after weight loss in obese and morbidly obese men. *Obesity surgery*, 18(9), 1112-1118.
- Hunt, J. E., Stodart, C., & Ferguson, R. A. (2016). The influence of participant characteristics on the relationship between cuff pressure and level of blood flow restriction. *European journal of applied physiology*, 116(7), 1421-1432.
- Hyde, N. K., Duckham, R. L., Wark, J. D., Brennan-Olsen, S. L., Hosking, S. M., Holloway-Kew, K. L., & Pasco, J. A. (2020). The Association Between Muscle Mass and Strength in Relation to Bone Measures in a Paediatric Population: Sex-Specific Effects. *Calcified tissue international*, 107(2), 121-125.
- Jarvis, S. (2018). Vascular system 1: anatomy and physiology. *Nursing Times*, 114(4), 40-44.
- Jiménez-Pavón, D., & Lavie, C. J. (2017). High-intensity intermittent training versus moderate-intensity intermittent training: is it a matter of intensity or intermittent

efforts?.

- Jo, E. A., Cho, K. I., Park, J. J., Im, D. S., Choi, J. H., & Kim, B. J. (2020). Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on epicardial fat thickness and endothelial function in hypertensive metabolic syndrome. *Metabolic syndrome and related disorders*, 18(2), 96-102.
- Kadowaki, T., & Yamauchi, T. (2005). Adiponectin and adiponectin receptors. *Endocrine reviews*, 26(3), 439-451.
- Karmali, S., Stoklossa, C. J., Sharma, A., Stadnyk, J., Christiansen, S., Cottreau, D., & Birch, D. W. (2010). *Bariatric surgery: a primer. Canadian Family Physician*, 56(9), 873-879.
- Kaviani, S., Dadgostar, H., Mazaherinezhad, A., Adib, H., Solaymani-Dodaran, M., Soheilipour, F., & Hakiminezhad, M. (2017). Comparing minimally supervised home-based and closely supervised gym-based exercise programs in weight reduction and insulin resistance after bariatric surgery: A randomized clinical trial. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*, 31, 34.
- Kelley, D. E., Goodpaster, B., Wing, R. R., & Simoneau, J. A. (1999). Skeletal muscle fatty acid metabolism in association with insulin resistance, obesity, and weight loss. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 277(6), E1130-E1141.
- Kelly, B. M., Xenophontos, S., King, J. A., & Nimmo, M. A. (2017). An evaluation of low volume high-intensity intermittent training (HIIT) for health risk reduction in overweight and obese men. *BMC obesity*, 4(1), 17.
- Kelly, T., Yang, W., Chen, C. S., Reynolds, K., & He, J. (2008). Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. *International journal of obesity*, 32(9), 1431.
- Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-Taieb, S., Feki, M., Thivel, D., & Bouassida, A. (2018). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(1), 118.



- Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-Taieb, S., Feki, M., Thivel, D., & Bouassida, A. (2018). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of exercise rehabilitation*, *14*(1), 118.
- Kjellberg, J., & Reizenstein, P. (1970). BODY COMPOSITION IN OBESITY 1. *Acta Medica Scandinavica*, *188*(1-6), 161-169
- Kleinbongard, P., Heusch, G., & Schulz, R. (2010). TNF $\alpha$  in atherosclerosis, myocardial ischemia/reperfusion and heart failure. *Pharmacology & therapeutics*, *127*(3), 295-314.
- Klingenberg, R., & Hansson, G. K. (2009). Treating inflammation in atherosclerotic cardiovascular disease: emerging therapies. *European heart journal*, *30*(23), 2838-2844.
- Knittle, J. L. (1972). Obesity in childhood: a problem in adipose tissue cellular development. *The journal of pediatrics*, *81*(6), 1048-1059.
- Koh, F. (2014). Acute physiological effects and perceived enjoyment of a single bout of aerobic interval and continuous moderate-intensity cycling in overweight and obese individuals.
- Kotsis, V. T., Stabouli, S. V., Papamichael, C. M., & Zakopoulos, N. A. (2006). Impact of obesity in intima media thickness of carotid arteries. *Obesity*, *14*(10), 1708-1715.
- Kotsis, V., Stabouli, S., Papakatsika, S., Rizos, Z., & Parati, G. (2010). Mechanisms of obesity-induced hypertension. *Hypertension research*, *33*(5), 386-393.
- Kranen, S. H., Oliveira, R. S., Bond, B., Williams, C. A., & Barker, A. R. (2020). The acute effect of high- and moderate-intensity interval exercise on vascular function pre and post a glucose challenge in adolescents. *Experimental Physiology*.
- Kuczmarski, R. J., & Campbell, S. M. (1994). Among US Adults. *Jama*, *272*, 205-211.
- Kushner, R. F., Apovian, C. M., & Fujioka, K. (2013). Obesity consults—comprehensive obesity management in 2013: understanding the shifting paradigm. *Obesity*, *21*,

S1-S15.

Lafortuna, C. L., Maffiuletti, N. A., Agosti, F., & Sartorio, A. (2005). Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity. *International journal of obesity*, 29(7), 833.

Lafortuna, C. L., Maffiuletti, N. A., Agosti, F., & Sartorio, A. (2005). Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity. *International journal of obesity*, 29(7), 833-841.

Lanzi, S., Codecasa, F., Cornacchia, M., Maestrini, S., Capodaglio, P., Brunani, A., ... & Malatesta, D. (2015). Short-term HIIT and Fatmax training increase aerobic and metabolic fitness in men with class II and III obesity. *Obesity*, 23(10), 1987-1994.

Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2001). The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Med*, 32(1), 1.

Lazzer, S., Tringali, G., Caccavale, M., De Micheli, R., Abbruzzese, L., & Sartorio, A. (2017). Effects of high-intensity interval training on physical capacities and substrate oxidation rate in obese adolescents. *Journal of endocrinological investigation*, 40(2), 217-226.

Lee, J. A., Williams, S. M., Brown, D. D., & Laurson, K. R. (2015). Concurrent validation of the Actigraph gt3x+, Polar Active accelerometer, Omron HJ-720 and Yamax Digiwalker SW-701 pedometer step counts in lab-based and free-living settings. *Journal of Sports Sciences*, 33(10), 991-1000.

Leff, D. R., & Heath, D. (2009). Surgery for obesity in adulthood. *Bmj*, 339(2).

Libby, P., Ridker, P. M., & Maseri, A. (2002). Inflammation and atherosclerosis. *Circulation*, 105(9), 1135-1143.

Liscum, L., & Munn, N. J. (1999). Intracellular cholesterol transport. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1438(1), 19-37.

Livhits, M., Mercado, C., Yermilov, I., Parikh, J. A., Dutson, E., Mehran, A., ... & Gibbons, M. M. (2010). Exercise following bariatric surgery: systematic review. *Obesity surgery*,

20(5), 657-665.

Lubkowska, A., Radecka, A., Bryczkowska, I., Rotter, I., Laszczyńska, M., & Dudzińska, W. (2015). Serum adiponectin and leptin concentrations in relation to body fat distribution, hematological indices and lipid profile in humans. *International journal of environmental research and public health*, 12(9), 11528-11548.

Lusis, A. J. (2000). Atherosclerosis. *Nature*, 407, 233 – 241.

Madsen, S. M., Thorup, A. C., Overgaard, K., & Jeppesen, P. B. (2015). High intensity interval training improves glycaemic control and pancreatic  $\beta$  cell function of type 2 diabetes patients. *PLoS One*, 10(8), e0133286.

Mann, S., Beedie, C., & Jimenez, A. (2014). Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. *Sports Medicine*, 44(2), 211-221.

Marcon, E. R., Gus, I., & Neumann, C. R. (2011). Impact of a minimum program of supervised exercises in the cardiometabolic risk in patients with morbid obesity. *Arquivos brasileiros de endocrinologia e metabologia*, 55(5), 331-338.

Marletta, M. A. (1993). Nitric oxide synthase structure and mechanism. American Society for Biochemistry and Molecular Biology.

Martinez, N., Kilpatrick, M. W., Salomon, K., Jung, M. E., & Little, J. P. (2015). Affective and enjoyment responses to high-intensity interval training in overweight-to-obese and insufficiently active adults. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37(2), 138-149.

Matos, M. A. D., Vieira, D. V., Pinhal, K. C., Lopes, J. F., Dias-Peixoto, M. F., Pauli, J. R., ... & Amorim, F. T. (2018). High-intensity interval training improves markers of oxidative metabolism in skeletal muscle of individuals with obesity and insulin resistance. *Frontiers in physiology*, 9, 1451.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). Exercise physiology: nutrition, energy,

and human performance. Lippincott Williams & Wilkins.

Menzo, E. L., Szomstein, S., & Rosenthal, R. (2016). Update on treatment of morbid obesity with adjustable gastric banding. *Surgical Clinics*, *96*(4), 795-813.

Meyer, A. A., Kundt, G., Steiner, M., Schuff-Werner, P., & Kienast, W. (2006). Impaired flow-mediated vasodilation, carotid artery intima-media thickening, and elevated endothelial plasma markers in obese children: the impact of cardiovascular risk factors. *Pediatrics*, *117*(5), 1560-1567.

Meyers, M. R., & Gokce, N. (2007). Endothelial dysfunction in obesity: etiological role in atherosclerosis. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, *14*(5), 365-369.

Milano, W., Ambrosio, P., Carizzone, F., De Biasio, V., Di Munzio, W., Foia, M. G., & Capasso, A. (2020). Depression and obesity: Analysis of common biomarkers. *Diseases*, *8*(2), 23.

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.

Muntner, P., Shimbo, D., Carey, R. M., Charleston, J. B., Gaillard, T., Misra, S., ... & Wright Jr, J. T. (2019). Measurement of blood pressure in humans: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension*, *73*(5), e35-e66.

Naidu, O. A., Rajasekhar, D., & Latheef, S. A. A. (2011). Assessment of endothelial function by brachial artery flow mediated dilatation in microvascular disease. *Cardiovascular ultrasound*, *9*(1), 40.

Nascimento, M. M., Pecoits-Filho, R., Lindholm, B., Riella, M. C., & Stenvinkel, P. (2002). Inflammation, malnutrition and atherosclerosis in end-stage renal disease: a global perspective. *Blood purification*, *20*(5), 454-458.

National Heart, Lung, and Blood Institute. (1998). Clinical guidelines on the

identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults (NIH Publication No. 98-4083). National Institutes of Health.

- Nijhuis, J., Van Dielen, F. M., Fouraschen, S. M., van, Den Broek, M. A., Rensen, S. S., Buurman, W. A., & Greve, J. W. M. (2007). Endothelial activation markers and their key regulators after restrictive bariatric surgery. *Obesity*, *15*(6), 1395-1399.
- Okamoto, Y., Kihara, S., Funahashi, T., Matsuzawa, Y., & Libby, P. (2006). Adiponectin: a key adipocytokine in metabolic syndrome. *Clinical science*, *110*(3), 267-278.
- Ouchi, N., Kobayashi, H., Kihara, S., Kumada, M., Sato, K., Inoue, T., ... & Walsh, K. (2004). Adiponectin stimulates angiogenesis by promoting cross-talk between AMP-activated protein kinase and Akt signaling in endothelial cells. *Journal of Biological Chemistry*, *279*(2), 1304-1309.
- Pagnotti, G. M., Styner, M., Uzer, G., Patel, V. S., Wright, L. E., Ness, K. K., ... & Rubin, C. T. (2019). Combating osteoporosis and obesity with exercise: leveraging cell mechanosensitivity. *Nature Reviews Endocrinology*, *15*(6), 339-355.
- Parker, B. A., Ridout, S. J., & Proctor, D. N. (2006). Age and flow-mediated dilation: a comparison of dilatory responsiveness in the brachial and popliteal arteries. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *291*(6), H3043-H3049.
- Peng, H. B., Libby, P., & Liao, J. K. (1995). Induction and stabilization of IKB $\alpha$  by nitric oxide mediates inhibition of NF-KB. *Journal of Biological Chemistry*, *27*(23), 14214-14219.
- Perry, C. G., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2008). High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *33*(6), 1112-1123.
- Petry, N. M. (2002). A comparison of young, middle-aged, and older adult treatment-seeking pathological gamblers. *The Gerontologist*, *42*(1), 92-99.

- Plowman, S. A. & Smith, D. L. (2008). *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance* (2nd ed.). San Francisco: Benjamin Cummings.
- Prakhinkit, S., Suppapitiporn, S., Tanaka, H., & Suksom, D. (2014). Effects of Buddhism walking meditation on depression, functional fitness, and endothelium-dependent vasodilation in depressed elderly. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 20(5), 411-416.
- Purge, P., Lehisemets, P., & Jürimäe, J. (2014). A new method for the measurement of maximal fat oxidation: a pilot study. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 20, 90-99.
- Racil, G., Coquart, J. B., Elmontassar, W., Haddad, M., Goebel, R., Chaouachi, A., ... & Chamari, K. (2016). Greater effects of high-compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biology of sport*, 33(2), 145.
- Racil, G., Coquart, J. B., Elmontassar, W., Haddad, M., Goebel, R., Chaouachi, A., ... & Chamari, K. (2016). Greater effects of high-compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biology of sport*, 33(2), 145.
- Racil, G., Ounis, O. B., Hammouda, O., Kallel, A., Zouhal, H., Chamari, K., & Amri, M. (2013). Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *European journal of applied physiology*, 113(10), 2531-2540.
- Rakobowchuk, M., Harris, E., Taylor, A., Baliga, V., Cubbon, R. M., Rossiter, H. B., & Birch, K. M. (2012). Heavy and moderate interval exercise training alters low-flow-mediated constriction but does not increase circulating progenitor cells in healthy humans. *Experimental physiology*, 97(3), 375-385.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The

- impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 45(5), 679-692.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 45(5), 679-692.
- Ray, P. D., Huang, B. W., & Tsuji, Y. (2012). Reactive oxygen species (ROS) homeostasis and redox regulation in cellular signaling. *Cellular signalling*, 24(5), 981-990.
- Regensteiner, J. G., Bauer, T. A., Reusch, J. E., Quaife, R. A., Chen, M. Y., Smith, S. C., ... & Wolfel, E. E. (2009). Cardiac dysfunction during exercise in uncomplicated type 2 diabetes. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(5), 977.
- Rider, O. J., Francis, J. M., Ali, M. K., Petersen, S. E., Robinson, M., Robson, M. D., ... & Neubauer, S. (2009). Beneficial cardiovascular effects of bariatric surgical and dietary weight loss in obesity. *Journal of the American College of Cardiology*, 54(8), 718-726.
- Robergs, R.A., and Robert, S.O. (1997). Exercise Physiology, Exercise, Performance, and Clinical Application. St. Louis: Mos-year Book, Inc.
- Robinson, K., Prins, J., & Venkatesh, B. (2011). Clinical review: adiponectin biology and its role in inflammation and critical illness. *Critical Care*, 15(2), 221.
- Rogers, L. Q., Markwell, S., Hopkins-Price, P., Vicari, S., Courneya, K. S., Hoelzer, K., & Verhulst, S. (2011). Reduced barriers mediated physical activity maintenance among breast cancer survivors. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 33(2), 235-254.
- Rubbo, H., Radi, R., Anselmi, D., Kirk, M., Barnes, S., Butler, J., ... & Freeman, B. A. (2000). Nitric Oxide Reaction with Lipid Peroxyl Radicals Spares  $\alpha$ -Tocopherol during Lipid Peroxidation GREATER OXIDANT PROTECTION FROM THE PAIR NITRIC OXIDE/ $\alpha$ -TOCOPHEROL THAN  $\alpha$ -TOCOPHEROL/ASCORBATE. *Journal of*

*Biological Chemistry*, 275(15), 10812-10818.

- 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.]
- 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.
- Scerif, M., Goldstone, A. P., & Korbonits, M. (2011). Ghrelin in obesity and endocrine diseases. *Molecular and cellular endocrinology*, 340(1), 15-25.
- Schuetz, P., Peterli, R., Ludwig, C., & Peters, T. (2004). Fatigue, weakness, and sexual dysfunction after bariatric surgery—not an unusual case but an unusual cause. *Obesity surgery*, 14(7), 1025-1028.
- Schwartz, S. M. (1997). Perspectives series: cell adhesion in vascular biology. Smooth muscle migration in atherosclerosis and restenosis. *The Journal of clinical investigation*, 99(12), 2814-2816.
- Setty, P., Padmanabha, B. V., & Doddamani, B. R. (2013). Correlation between obesity and cardio respiratory fitness. *Int J Med Sci Public Health*, 2(2), 300-304.
- Setty, P., Padmanabha, B. V., & Doddamani, B. R. (2013). Correlation between obesity and cardio respiratory fitness. *Int J Med Sci Public Health*, 2(2), 300-304.
- Shah, A. S., Khoury, P. R., Dolan, L. M., Ippisch, H. M., Urbina, E. M., Daniels, S. R., & Kimball, T. R. (2011). The effects of obesity and type 2 diabetes mellitus on cardiac structure and function in adolescents and young adults. *Diabetologia*, 54(4), 722-730.
- Shahid, S. U., & Sarwar, S. (2020). The abnormal lipid profile in obesity and coronary heart disease (CHD) in Pakistani subjects. *Lipids in health and disease*, 19(1), 1-7.



- 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.
- Smith-Ryan, A. E., Melvin, M. N., & Wingfield, H. L. (2015). High-intensity interval training: Modulating interval duration in overweight/obese men. *The Physician and sportsmedicine*, 43(2), 107-113.
- Soodini, G. R., Horton, E. S., & Hamdy, O. (2006). 12 Obesity, Diabetes, and Endothelial. *Obesity and Diabetes*, 213.
- Stapleton, P. A., James, M. E., Goodwill, A. G., & Frisbee, J. C. (2008). Obesity and vascular dysfunction. *Pathophysiology*, 15(2), 79-89.
- Stegen, S., Derave, W., Calders, P., Van Laethem, C., & Pattyn, P. (2011). Physical fitness in morbidly obese patients: effect of gastric bypass surgery and exercise training. *Obesity surgery*, 21(1), 61-70.
- Stenglein, J. (2017). Morbid Obesity. In *Anesthesiology* (pp. 237-245). Springer, Cham.
- Sugawara, J., Hayashi, K., Yokoi, T., Cortez-Cooper, M. Y., DeVan, A. E., Anton, M. A., & Tanaka, H. (2005). Brachial-ankle pulse wave velocity: an index of central arterial stiffness?. *Journal of human hypertension*, 19(5), 401.
- Sukala, W. R., Page, R., Rowlands, D. S., Krebs, J., Lys, I., Leikis, M., ... & Cheema, B. S. (2012). South Pacific Islanders resist type 2 diabetes: comparison of aerobic and resistance training. *European journal of applied physiology*, 112(1), 317-325.
- Taya, M., Amiya, E., Hatano, M., Maki, H., Nitta, D., Saito, A., ... & Fujiwara, T. (2018). High-intensity aerobic interval training can lead to improvement in skeletal muscle power among in-hospital patients with advanced heart failure. *Heart and vessels*, 33(7), 752-759.
- Thiriet M. (2013) Vessel Wall. In: Tissue Functioning and Remodeling in the Circulatory and Ventilatory Systems. Biomathematical and Biomechanical Modeling of the Circulatory and Ventilatory Systems, vol 5. Springer, New

York, NY. [https://doi-org.chula.idm.oclc.org/10.1007/978-1-4614-5966-8\\_7](https://doi-org.chula.idm.oclc.org/10.1007/978-1-4614-5966-8_7)

- Thum, J. S., Parsons, G., Whittle, T., & Astorino, T. A. (2017). High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. *PloS one*, *12*(1), e0166299.
- Toda, N., & Okamura, T. (2003). The pharmacology of nitric oxide in the peripheral nervous system of blood vessels. *Pharmacological reviews*, *55*(2), 271-324.
- Tomlinson, D. J., Erskine, R. M., Morse, C. I., Winwood, K., & Onambélé-Pearson, G. (2016). The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology*, *17*(3), 467-483.
- Tremblay, A., Dutheil, F., Drapeau, V., Metz, L., Lesour, B., Chapier, R., ... & Thivel, D. (2019). Long-term effects of high-intensity resistance and endurance exercise on plasma leptin and ghrelin in overweight individuals: The RESOLVE Study. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *44*(11), 1172-1179.
- Tschakert, G., & Hofmann, P. (2013). High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(6), 600-610.
- Vella, C. A., Taylor, K., & Drummer, D. (2017). High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. *European journal of sport science*, *17*(9), 1203-1211.
- Ware, J. S., Clemens, C. T., Mayhew, J. L., & Johnston, T. J. (1995). Muscular endurance repetitions to predict bench press and squat strength in college football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *9*(2), 99-103.
- Wasserman, K., Van Kessel, A. L., & Burton, G. G. (1967). Interaction of physiological mechanisms during exercise. *Journal of Applied Physiology*, *22*(1), 71-85.
- Way, K. L., Sultana, R. N., Sabag, A., Baker, M. K., & Johnson, N. A. (2019). The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24 h blood pressure responses: A systematic review and

- meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 22(4), 385-391.
- Way, K. L., Sultana, R. N., Sabag, A., Baker, M. K., & Johnson, N. A. (2019). The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24 h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 22(4), 385-391.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of exercise and sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wink, D. A., Miranda, K. M., Espey, M. G., Pluta, R. M., Hewett, S. J., Colton, C., ... & Grisham, M. B. (2001). Mechanisms of the antioxidant effects of nitric oxide. *Antioxidants and Redox Signaling*, 3(2), 203-213.
- World Health Organization (WHO). (2004). Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet (London, England)*, 363(9403), 157-163.
- World Health Organization (WHO). (2018). Obesity and overweight. [website]. Retrieved from <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- World Health Organization (WHO). (2019). Physical activity. [website]. Retrieved from <https://www.who.int/ncds/prevention/physical-activity/introduction/en/>
- Yang, R., & Barouch, L. A. (2007). Leptin signaling and obesity: cardiovascular consequences. *Circulation research*, 101(6), 545-559.
- Zebekakis, P. E., Nawrot, T., Thijs, L., Balkestein, E. J., van der Heijden-Spek, J., Van Bortel, L. M., ... & Staessen, J. A. (2005). Obesity is associated with increased arterial stiffness from adolescence until old age. *Journal of hypertension*, 23(10), 1839-1846.
- Zhang, H., Tong, T. K., Qiu, W., Zhang, X., Zhou, S., Liu, Y., & He, Y. (2017). Comparable effects of high-intensity interval training and prolonged continuous exercise training on abdominal visceral fat reduction in obese young women. *Journal of diabetes research*, 2017.

Zheng, W., McLerran, D. F., Rolland, B., Zhang, X., Inoue, M., Matsuo, K., ... & Irie, F. (2011). Association between body-mass index and risk of death in more than 1 million Asians. *New England Journal of Medicine*, 364(8), 719-729.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## ภาคผนวก ก

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
254 อาคารจามจรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
โทรศัพท์: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 194/2563

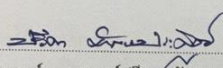
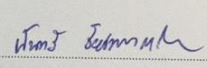
**ใบรับรองโครงการวิจัย**

โครงการวิจัยที่ 096.1/63 : ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวธัญญากานต์ วรเศรษฐวัฒน์

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 (มจคจ.) 2560, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัย เรื่องดังกล่าวได้ในระยะที่ 1 ของโครงการวิจัย

ลงนาม  (รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปริตา ทิศนประดิษฐ์)      ลงนาม  (รองศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะงศาโรจน์)  
ประธาน      กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 28 สิงหาคม 2563      วันหมดอายุ : 27 สิงหาคม 2564

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

- 1) โครงการวิจัย
- 2) เอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
- 3) ผู้วิจัย
- 4) แบบสอบถาม
- 5) ใบประชาสัมพันธ์

วันที่โครงการวิจัย: 096.1/63  
วันที่รับรอง: 28 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ: 27 ส.ค. 2564

**เงื่อนไข**

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการวิจัยจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. หากยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนดต้องแจ้งคณะกรรมการฯ ภายใน 2 สัปดาห์พร้อมค่าใช้จ่าย
8. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 01-15) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น
9. โครงการวิจัยที่มีหลายระยะ จะรับรองโครงการเป็นระยะ เมื่อดำเนินการวิจัยในระยะแรกเสร็จสิ้นแล้ว ให้ดำเนินการส่งรายงานความก้าวหน้า พร้อมโครงการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในระดัถัดไป
10. คณะกรรมการฯ สงวนสิทธิ์ในการตรวจเยี่ยมเพื่อติดตามการดำเนินการวิจัย
11. สำหรับโครงการวิจัยจากภายนอก ผู้บริหารส่วนงาน กำกับดำเนินการดำเนินการวิจัย



คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
โทรศัพท์: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 012/2564

### ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 096.1/63 : ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย  
และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวธัญญากานต์ วรเศรษฐวัฒน์

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for  
International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, มาตรฐานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย  
ในคน (มจจ.) 2560, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัย  
เรื่องดังกล่าวได้ในระยะที่ 2 ของโครงการวิจัย

ลงนาม ประทีป อธิวงษา  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปริดา ทักคนประดิษฐ์)  
ประธาน

ลงนาม อ.กัญญา มีรักดี  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีรัตน์ มีรักดี)  
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 15 มกราคม 2564

วันหมดอายุ : 14 มกราคม 2565

#### เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

- 1) โครงการวิจัย
- 2) เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีอำนาจในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
- 3) ผู้วิจัย
- 4) แบบสอบถาม
- 5) ใบประชาสัมพันธ์



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 15 ม.ค. 2564  
วันหมดอายุ 14 ม.ค. 2565

#### เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการวิจัยจริยธรรม 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. หากยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนดต้องแจ้งคณะกรรมการฯ ภายใน 2 สัปดาห์พร้อมคำชี้แจง
8. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 01-15) และบทความหรือผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทความหรือผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น
9. โครงการวิจัยที่มีหลายระยะ จะรับรองโครงการเป็นระยะ เมื่อดำเนินการวิจัยในระยะแรกเสร็จสิ้นแล้ว ให้ดำเนินการส่งรายงานความก้าวหน้า พร้อมโครงการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในระบุนั้นต่อไป
10. คณะกรรมการฯ สงวนสิทธิ์ในการตรวจเยี่ยมเพื่อติดตามการดำเนินการวิจัย
11. สำหรับโครงการวิจัยจากภายนอก ผู้บริหารส่วนงาน กำกับการดำเนินการวิจัย





๑

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

**เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย**  
**การศึกษาที่ 1 สำหรับกลุ่มผู้มีน้ำหนักปกติ**

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกายและการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ชื่อผู้วิจัย นางสาวอินยา กานต์ วรเศรษฐวัฒน์ ตำแหน่ง นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา  
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม 1  
แขวง วังใหม่ เขต ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
(ที่บ้าน) 4522/22 คอนโดบางกอกเพริช ซอยพหลโยธิน 30 แขวง จันทระเกษม เขต จตุจักร จังหวัด  
กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์มือถือ 098-7729796 E-mail : Wahn\_2231@hotmail.com เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 28 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ 27 ส.ค. 2564

**เรียน อาสาสมัครทุกท่าน**

ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการวิจัย ก่อนท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยนี้ โปรดทำความเข้าใจในงานวิจัยนี้ว่าเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสามารถสอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

**1. งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ**

การวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความเหมาะสมต่อผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง โดยมีแนวทางในการสร้างโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสลับช่วงด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้าน การออกกำลังกายแบบสลับช่วง เป็นการฝึกการออกกำลังกายที่มีช่วงสลับระหว่างช่วงที่ออกกำลังกายหนักกับช่วงที่ออกกำลังกายเบาหรือหยุดพัก โดยการเรียนรู้จะมีการออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความหนักสูง 1 นาที สลับกับช่วงความหนักเบา 4 นาที ทั้งนี้การออกกำลังกายแบบสลับช่วงน่าจะเป็นการออกกำลังกายที่มีผลดีต่อการปรับปรุงการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการออกกำลังกายแบบสลับช่วงสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา การใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**2. รายละเอียดของผู้เข้าร่วมวิจัยและคุณสมบัติ**

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในอาสาสมัครที่เป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี กลุ่มผู้มีน้ำหนักปกติ ค่าดัชนีมวลกาย 18.5-24.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> จำนวนทั้งหมด 15 คน โดยมีคุณสมบัติดังนี้

เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. เป็นเพศหญิงหรือเพศชายอายุระหว่าง 18-50 ปี ที่มีน้ำหนักปกติซึ่งมีค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>
2. ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (ไม่มีการออกกำลังกายเป็นเวลา 15 นาทีขึ้นไปต่อครั้ง จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ และต่อเนื่องตลอด 3 เดือนที่ผ่านมา)

3. ไม่เป็นโรคดังต่อไปนี้ 1) โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ 2) โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ 3) โรคหลอดเลือดหัวใจ 4) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และ 5) โรคเกี่ยวกับระบบกระดูกกล้ามเนื้อ
4. ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการลดน้ำหนัก
5. มีความสมัครใจเข้าร่วมในงานวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
2. ไม่สมัครใจเข้าร่วมในการทำวิจัยต่อ



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 28 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ 27 ส.ค. 2564

วิธีการได้มาและการเข้าถึงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

1. ทำการประชาสัมพันธ์เพื่อรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยผ่านทางโซเชียลมีเดีย คือ เฟซบุ๊ก ไลน์ และติดต่อด้วยตนเอง โดยผู้ที่สนใจสามารถติดต่อเพื่อเข้าร่วมการวิจัยได้ตามที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของผู้วิจัยที่ระบุในการประชาสัมพันธ์ทางสื่อ โซเชียลมีเดีย
2. ทำการติดประกาศรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผู้วิจัยทำการติดต่อกับหน่วยงานนิสิตในการติดป้ายประชาสัมพันธ์โครงการก่อน ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อเพื่อเข้าร่วมการวิจัยได้ตามที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของผู้วิจัยที่ระบุในเอกสารประชาสัมพันธ์
3. การบอกต่อของกลุ่มอาสาสมัครด้วยกันเองโดยผู้ที่สนใจสามารถติดต่อเพื่อเข้าร่วมการวิจัยได้ตามที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของผู้วิจัยผ่านการติดต่อจากอาสาสมัครด้วยกันเอง

3. การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมฯ ตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก

ท่านจะได้รับการคัดกรองการประเมินสุขภาพก่อนออกกำลังกายเพื่อตรวจคัดกรองปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ซึ่งสามารถคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดพรามิ้งแฮม และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ในวันสมัครเข้าร่วมโครงการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามประวัติสุขภาพ เป็นการสอบถามถึงประวัติทางสุขภาพเบื้องต้นของคนในครอบครัว และของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป สุขภาพในอดีต ข้อมูลของคนในครอบครัว ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน การประเมินระดับกิจกรรมทางกายเบื้องต้น โดยผู้วิจัยเป็นผู้ซักประวัติด้วยตนเอง หากพบปัจจัยเสี่ยงต่างๆ อันอาจจะมีผลต่อการออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะทำการพิจารณาร่วมกับแพทย์ผู้ช่วยในโครงการ ซึ่งเป็นแพทย์จากศูนย์คลินิกโรคอ้วน (นายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์) ว่าสามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้หรือไม่ ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 5 นาที

2. การประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด (Coronary artery disease risk factors screening) ใช้แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดพรามิ้งแฮม (FRS) เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยดำเนินการเองในการเก็บข้อมูลต่างๆ แปรเป็นค่าคะแนนความเสี่ยง ได้แก่ ระดับคะแนนจำแนกตามอายุ ระดับคะแนนจำแนกตามค่าโฮเดนซิทีไลโปโปรตีน ระดับคะแนนจำแนกตามความดันโลหิตขณะหัวใจบีบ

ตัวและสถานะการรักษา รวมคะแนนจากทุกข้อและนำไปเปรียบเทียบกับตารางความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือดระยะ 10 ปี ประเมินโดยใช้ค่าคะแนนรวม หากพบว่าคะแนนรวมอยู่ในระดับความเสี่ยงเกิน ร้อยละ 10 จะไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 3 นาที

3. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี) (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) มีคำถามทั้งหมด 7 ข้อ เป็นการประเมินร่างกาย เบื้องต้นว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยจำเป็นต้องได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่จะเริ่มต้นออกกำลังกาย หรือไม่ หากตอบเคยหรือมีเพียง 1 ข้อคำถามจะไม่สามารถร่วมการวิจัยได้ ใช้ระยะเวลาในการตอบ แบบสอบถาม 2 นาที

4. ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก โดยการใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Breath by breath cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม็กซ์ (Vmax) รุ่นเอนเคอร์ 29 (Encore 29) ประเทศ สหรัฐอเมริกา (Stationary gas analyzer: Vmax Encore 29 system, Yorba Linda, CA, USA) ซึ่งผู้วิจัย เป็นผู้ทดสอบหากพบว่ามีคามผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจตามกราฟการแสดงคลื่นหัวใจผิดปกติอาจสามารถ เข้าร่วมในงานวิจัยได้

เมื่อผ่านเกณฑ์การคัดกรอง และเกณฑ์การคัดเข้าจะเชิญชวนเข้าร่วมงานวิจัยต่อไป แต่กรณีผู้ที่ไม่ ผ่านเกณฑ์การคัดกรองจะได้รับคำแนะนำการดูแลสุขภาพและแนวทางการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับ ตนเอง

การเตรียมตัวก่อนการเข้ารับการประเมินสุขภาพก่อนการออกกำลังกาย

1. ควรเตรียมตัวให้พร้อมก่อนวันตรวจสุขภาพด้วยการพักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อย 8 ชั่วโมง ไม่ควรอดนอนเพราะจะทำให้ผลการตรวจผิดปกติโดยเฉพาะเรื่องความดันโลหิต การเต้นของหัวใจ และอุณหภูมิ ของร่างกาย

2. ควรงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์



เลขที่โครงการวิจัย... 096.1/63

วันที่รับรอง... 28 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ... 27 ส.ค. 2564

4. การดำเนินงานสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในงานวิจัย และผ่านการคัดกรองแล้ว ผู้วิจัยจะทำการ อธิบายผลประโยชน์ และความเสี่ยงจากการเข้าร่วมงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยจะตอบข้อซักถามของผู้เข้าร่วมการ วิจัยจนผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความเข้าใจในการมีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้ได้ชัดเจน

ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวนทั้งหมด 30 คน ได้แก่ กลุ่มที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจำนวนทั้งหมด 15 คน และ กลุ่มน้ำหนักปกติจำนวนทั้งหมด 15 คน จะได้รับการแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับ ฉลาก ท่านมีโอกาสเท่าๆ กันที่จะถูกสุ่มให้อยู่ในกลุ่มการทดลองที่ 1 หรือกลุ่มการทดลองที่ 2 ซึ่งท่านจะได้รับการ ทดลองทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง คือ ท่านจะได้รับการจับฉลากว่าจะได้อยู่กลุ่มการทดลองใดก่อน ต่อจากนั้นอีก 7 วันท่านจะได้รับการทดลองอีกครั้งในอีกกลุ่มการทดลอง (ได้รับการทดลองทั้งการออกกำลังกาย แบบสลับช่วงและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง) โดยการวิจัยนี้เป็นการทดลองแบบไขว้กัน

กลุ่มการทดลองที่ 1 เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง จะได้รับการออกกำลังกายด้วย การปั่นจักรยาน 30 นาที ที่ความหนักระดับปานกลาง 50-60%ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง

กลุ่มการทดลองที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วง จะได้รับการออกกำลังกาย ความหนักสูงสลับเบา 6 รอบ แต่ละรอบประกอบด้วย ช่วงความหนักสูง 1 นาทีที่ความหนัก 75-85%ของ

อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ช่วงความหนักเบา 4 นาทีที่ความหนัก 40-45%ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง

อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง = [(อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด-อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก) × % ความหนักของการออกกำลังกายที่ต้องการ] + อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก

โดยที่ อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด = 220-อายุ (ดร.นววรรณ สุขสม, 2561)

การออกกำลังกายแบบสลับช่วง ประกอบด้วย 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงอบอุ่นร่างกาย ช่วงออกกำลังกาย และช่วงคลายอุ่นร่างกาย

ช่วงอบอุ่นร่างกาย เป็นการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ระดับความหนักต่ำที่ 40-55% HRR มีท่าดังนี้

- 1) ท่ามาซซิ่ง (Marching) 1 นาที
- 2) ท่าเลคเคิล (Leg curl) 1 นาที
- 3) ท่าชายนี (High knee) 1 นาที
- 4) ท่าไหล่เดอโรเทชันร่วมกับไซด์แทป (Shoulder rotation + Side tap) 1 นาที
- 5) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน
- 6) ยืดเหยียดต้นแขนด้านหน้า
- 7) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่
- 8) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลังด้านล่าง
- 9) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา
- 10) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 28 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ 27 ส.ค. 2564

#### ช่วงออกกำลังกาย

กำหนดให้ออกกำลังกายแบบสลับช่วงความหนักสูงกับเบาอัตราส่วน 1:4 ประกอบด้วย ออกกำลังกาย ช่วงความหนักสูง (High intensity) ที่ 75-85%HRR 1 นาทีสลับกับช่วงความหนักเบา (Low intensity) ที่ 45-55 %HRR 4 นาที ทำทั้งหมด 6 รอบ รวมทั้งหมด 30 นาทีต่อวัน มีการใช้ดัมเบล (Dumbbell) และ เครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome) ร่วมในการออกกำลังกายแต่ละท่า แต่ละรอบมีท่าออกกำลังกายดังนี้

- |          |                 |  |
|----------|-----------------|--|
| รอบที่ 1 | ช่วงความหนักสูง | : ท่าเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl +Chest press)  |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าซีตเทต เลคเอ็กซ์เทนชัน (Seated leg extension) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที         |
| รอบที่ 2 | ช่วงความหนักสูง | : ท่าชายนีร่วมกับท่าไหล่เดอโรเทชัน (High knee +Shoulder press)   |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าไบเซ็ปส์เคิล (Biceps curl) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที                            |
| รอบที่ 3 | ช่วงความหนักสูง | : ท่าเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)  |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าซิงเกิ้ล นีอัพ (Single knee up) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที                       |
| รอบที่ 4 | ช่วงความหนักสูง | : ท่าเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl +Chest press)  |
|          | ช่วงความหนักเบา | : ออกกำลังกายด้วยท่าโอเวอร์เฮดไตรเซ็ปส์เอ็กซ์เทนชัน (Overhead triceps extension) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 |

	วินาที
รอบที่ 5 ช่วงความหนักสูง	: ทำขายนี้ร่วมกับท่าไฮคอเตอร์เพรส (High knee +Shoulder press)
ช่วงความหนักเบา	: ออกกำลังกายด้วยท่าวันเลค คิคแบ็ค (One leg kickback) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที
รอบที่ 6 ช่วงความหนักสูง	ท่าเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)
ช่วงความหนักเบา	: ออกกำลังกายด้วยท่าซิตเทต โรว (seated row) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที

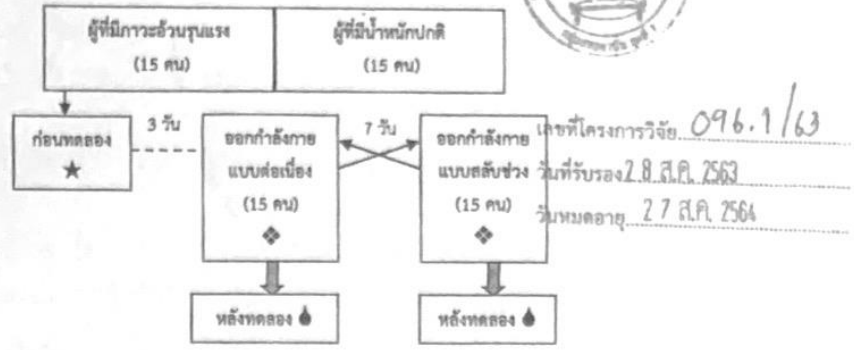
**ช่วงคลายอุ้งร่างกาย** เป็นการคลายอุ้งร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) ให้ความหนักต่ำกว่าหรือเท่ากับ 40%HRR ภายในเวลา 15 นาที โดยแต่ละท่าทำค้างไว้ 30 วินาที ทำซ้ำ 2 รอบ โดยทำการยืดเหยียดบนเก้าอี้ประกอบด้วยท่าดังนี้

- 1) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน
- 2) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า
- 3) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง
- 4) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่
- 5) ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออก
- 6) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังด้านบน
- 7) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัว
- 8) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลังส่วนล่าง
- 9) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา
- 10) ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง



เลขที่โครงการวิจัย... 096.1/63  
วันที่รับรอง... 28 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... 27 ส.ค. 2564

โดยจะมีการดำเนินการวิจัยดังภาพต่อไปนี้



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 28 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ 27 ส.ค. 2564

Pre test ★	During exercise test ◆	Post test ●
1. อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก	1. อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก	1. อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก
2. ความดันโลหิตขณะพัก	2. การเผาผลาญพลังงาน	2. ความดันโลหิตขณะพัก
3. น้ำหนักตัว	3. กรดแลคเตตในเลือด (ก่อนออกกำลังกาย)	3. น้ำหนักตัว
4. ส่วนสูง	4. ระดับความเหนื่อย (RPE)	4. ส่วนสูง
5. ดัชนีมวลกาย		5. ดัชนีมวลกาย
6. %ไขมัน		6. %ไขมัน
7. มวลไขมัน		7. มวลไขมัน
8. มวลกระดูกและกล้ามเนื้อ		8. มวลกระดูกและกล้ามเนื้อ
9. มวลกล้ามเนื้อ		9. มวลกล้ามเนื้อ
10. การใช้ออกซิเจนสูงสุด (เดิน 6 นาที)		10. การใช้ออกซิเจนสูงสุด (เดิน 6 นาที)
11. ความยืดหยุ่นของหลอดเลือด		11. ความยืดหยุ่นของหลอดเลือด
12. ความหนาของหลอดเลือด		12. ความหนาของหลอดเลือด
13. ความแข็งตัวของหลอดเลือด		13. ความแข็งตัวของหลอดเลือด
		14. ความสนุกสนาน
		15. กรดแลคเตตในเลือด (หลังออกกำลังกาย)

รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยของการศึกษาที่ 1

สถานที่ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ดิจ จุฬาพัฒน์ 14 ชั้น 10

การนัดหมาย ท่านจะได้รับการนัดหมายจำนวนทั้งหมด 3 ครั้ง โดยมีการทดสอบก่อนออกกำลังกาย หลังจากนั้นอีก 3 วัน ท่านเข้ารับการทดสอบออกกำลังกายแบบสลับช่วงและแบบต่อเนื่อง (ตามกลุ่มที่สุ่มได้) หลังจากนั้นอีก 7 วันจึงสลับการทดสอบการออกกำลังกายอีกแบบ

การเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดสอบ

1. ท่านจะต้องพักผ่อนอย่างน้อย 8 ชั่วโมง
  2. นำชุดออกกำลังกายมาเปลี่ยนหรือสวมชุดออกกำลังกายมาทดสอบทุกครั้ง
  3. ท่านต้องรับประทานอาหารมาแล้วอย่างน้อย 2-3 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบ
- ท่านจะได้รับการทดสอบดังรายละเอียดต่อไปนี้

AF 04-07

รายการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	ระยะเวลา
นัดทดสอบครั้งที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 1 ชั่วโมง 40 นาที		เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63 วันที่รับรอง 28 ส.ค. 2563 วันหมดอายุ 27 ส.ค. 2564
<p>การทดสอบก่อนออกกำลังกาย</p> <p>เมื่อท่านมาถึง ณ สถานที่ทดสอบจะทำการพักเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นท่านจะได้รับการประเมินดังต่อไปนี้</p>		
1. อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะพัก	ใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิทัลขณะพัก	3 นาที
2. องค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย มวลไขมัน มวลน้ำหนักตัวไม่รวมไขมัน และมวลกล้ามเนื้อ	ใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย ดูอัล เอนเนอจี เอ็กซเรย์ แอ็บซอร์ปชันเมทรี เด็กซา (Dual energy X-ray absorptiometry; DEXA)	15 นาที
3. ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจ	ใช้การทดสอบด้วยการเดิน 6 นาที	17 นาที
4. การขยายตัวของหลอดเลือด	อัลตราซาวด์	20 นาที
5. ความแข็งของหลอดเลือดแดง	ใช้เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด	15 นาที
6. ความหนาของผนังหลอดเลือด	อัลตราซาวด์	15 นาที
<p>นัดทดสอบครั้งที่ 2 (หลังจากนัดทดสอบครั้งที่ 1 แล้ว 3 วัน) และ นัดทดสอบครั้งที่ 3 (หลังจากนัดทดสอบครั้งที่ 2 แล้ว 7 วัน) ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 2 ชั่วโมง 20 นาที</p> <p>การทดสอบออกกำลังกาย ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 50 นาที ประกอบด้วยช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ช่วงออกกำลังกาย 30 นาที และช่วงคลายอุ่น 10 นาที ระหว่างออกกำลังกายท่านจะได้รับการประเมินดังต่อไปนี้</p>		
1. อัตราการเต้นหัวใจระหว่างการออกกำลังกาย	วัดจากนาฬิกาวัดอัตราการเต้นหัวใจ	จับบันทึกทุก 5 นาที
2. ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด	เก็บตัวอย่างเลือดโดยการเจาะที่ปลายนิ้ว (ก่อนออกกำลังกาย) (เจาะเลือดปลายนิ้วครั้งที่ 1)	5 นาที
3. ระดับความเหนื่อย	มีการสอบถามระดับความเหนื่อยทุก 5 นาที โดยใช้บอร์กสเกล 6 ถึง 20	สอบถามทุก 5 นาที
<p>การทดสอบหลังออกกำลังกาย ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 1 ชั่วโมง 30 นาที ท่านจะได้รับการประเมินดังต่อไปนี้</p>		
1. ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด	เก็บตัวอย่างเลือดโดยการเจาะที่ปลายนิ้ว (หลังออกกำลังกายทันที) (เจาะเลือดปลายนิ้วครั้งที่ 2)	
2. การขยายตัวของหลอดเลือด	อัลตราซาวด์	20 นาที
3. ความหนาของผนังหลอดเลือด	อัลตราซาวด์	15 นาที
4. ความแข็งของหลอดเลือดแดง	ใช้เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด	15 นาที
5. องค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนัก	ใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย	15 นาที



ได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย ท่านจะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และได้รับการรักษาจนกว่าจะหาย โดยในระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจะมีการติดตามดูแลสุขภาพของท่านอย่างใกล้ชิดอย่างสม่ำเสมอ

3. ความเสี่ยงที่ได้รับความเจ็บปวด ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืด และโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมาก

4. ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย

**มาตรการป้องกันการติดเชื้อ และการแพร่ระบาดในการเก็บข้อมูลวิจัยเนื่องจากสภาวะการแพร่ระบาดของโรค COVID-2019**

1. ทั้งผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการเข้าปฏิบัติเก็บข้อมูลต้องได้รับการคัดกรองอาการเจ็บป่วยเบื้องต้น โดยมีการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิทางผิวหนัง หากมีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 37.5 องศาเซลเซียส หรือมีอาการที่ไม่ปกติ เช่น ไอ จาม มีน้ำมูก มีเสมหะ เจ็บคอ ปวดเมื่อยตามตัวโดยไม่ทราบสาเหตุ หรือหายใจลำบาก จะแนะนำให้บุคคลนั้นกลับบ้านเพื่อสังเกตอาการหรือพบแพทย์ และทำการงดการเก็บข้อมูลในวันนั้น และทำการนัดหมายใหม่เมื่อไม่มีอาการดังกล่าวแล้ว

2. ทั้งผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ หน้ากากอนามัย แผ่นบังหน้า ถุงมือยาง เสมอตลอดระยะเวลาทำการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ ส่วนกลุ่มตัวอย่างหากเป็นการทดสอบสมรรถภาพที่ไม่ได้มีการออกกำลังกายหรือมีอุปกรณ์บนใบหน้า ให้สวมหน้ากากอนามัยอยู่เสมอ

3. ทั้งผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่างจะต้องล้างมือทำความสะอาดด้วยสบู่ หรือเจลแอลกอฮอล์สำหรับล้างมือก่อนและหลังสิ้นสุดในการทดสอบแต่ละสถานี

4. อุปกรณ์ทดสอบร่างกายและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลทุกอุปกรณ์ จะได้รับการทำความสะอาดหลังจากใช้งานเสร็จสิ้นทุกครั้ง โดยการเช็ดหรือแช่ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนนำกลับมาใช้อีกครั้ง

5. ก่อนและหลังทำการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง จะมีการทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 99% ที่พื้นห้อง เครื่องมือ อุปกรณ์ทุกชนิด เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ของห้องปฏิบัติการ

6. จัดให้สถานที่ทำการทดสอบมีความโปร่ง สบาย อากาศถ่ายเทสะดวก โดยมีการจำกัดจำนวนคนในการเข้ารับการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อลดความแออัด และลดการแพร่กระจายเชื้อโรค



เลขที่โครงการวิจัย..... 096.1 / 63  
วันที่รับรอง..... 28 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ..... 27 ส.ค. 2564

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว  
จึงลงนามยินยอม/ยินยอมด้วยวาจา เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้  
1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

ผู้วิจัยหลัก

วันที่ \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ลงชื่อ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

วันที่ 1 / 10 / 63

ลงชื่อ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

พยาน

วันที่ \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63

วันที่รับรอง 28 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ 27 ส.ค. 2564

ตัวและสถานะการรักษา รวมคะแนนจากทุกข้อและนำไปเปรียบเทียบกับตารางความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือดระยะ 10 ปี ประเมินโดยใช้ค่าคะแนนรวม หากพบว่าคะแนนรวมอยู่ในระดับความเสี่ยงเกิน ร้อยละ 10 จะไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 3 นาที

3. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี) (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) มีคำถามทั้งหมด 7 ข้อ เป็นการประเมินร่างกาย เบื้องต้นว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยจำเป็นต้องได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่จะเริ่มต้นออกกำลังกาย หรือไม่ หากตอบเคยหรือมีเพียง 1 ข้อคำถามจะไม่สามารถร่วมการวิจัยได้ ใช้ระยะเวลาในการตอบ แบบสอบถาม 2 นาที

4. ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก โดยการใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Breath by breath cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม็กซ์ (Vmax) รุ่นเอนเคอร์ 29 (Encore 29) ประเทศ สหรัฐอเมริกา (Stationary gas analyzer: Vmax Encore 29 system, Yorba Linda, CA, USA) ซึ่งผู้วิจัย เป็นผู้ทดสอบหากพบว่ามีความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจตามกราฟการแสดงคลื่นหัวใจผิดปกติอาจสามารถ เข้าร่วมในงานวิจัยได้

เมื่อผ่านเกณฑ์การคัดกรอง และเกณฑ์การคัดเข้าจะเชิญชวนเข้าร่วมงานวิจัยต่อไป แต่กรณีผู้ที่ไม่ ผ่านเกณฑ์การคัดกรองจะได้รับคำแนะนำการดูแลสุขภาพและแนวทางการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับ ตนเอง

การเตรียมตัวก่อนการเข้ารับการประเมินสุขภาพก่อนการออกกำลังกาย

1. ควรเตรียมตัวให้พร้อมก่อนวันตรวจสุขภาพด้วยการพักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อย 8 ชั่วโมง ไม่ควรอดนอนเพราะจะทำให้ผลการตรวจผิดปกติโดยเฉพาะเรื่องความดันโลหิต การเต้นของหัวใจ และอุณหภูมิ ของร่างกาย

2. ควรงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์



เลขที่โครงการวิจัย... 096.1/63

วันที่รับรอง... 28 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ... 27 ส.ค. 2564

4. การดำเนินงานสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในงานวิจัย และผ่านการคัดกรองแล้ว ผู้วิจัยจะทำการ อธิบายผลประโยชน์ และความเสี่ยงจากการเข้าร่วมงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยจะตอบข้อซักถามของผู้เข้าร่วมการ วิจัยจนผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความเข้าใจในการมีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้ได้ชัดเจน

ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวนทั้งหมด 30 คน ได้แก่ กลุ่มที่มีภาวะอ้วนรุนแรงจำนวนทั้งหมด 15 คน และ กลุ่มน้ำหนักปกติจำนวนทั้งหมด 15 คน จะได้รับการแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับ ฉลาก ท่านมีโอกาสเท่าๆ กันที่จะถูกสุ่มให้อยู่ในกลุ่มการทดลองที่ 1 หรือกลุ่มการทดลองที่ 2 ซึ่งท่านจะได้รับการทดลองทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง คือ ท่านจะได้รับการจับฉลากว่าจะได้อยู่กลุ่มการทดลองใดก่อน ต่อจากนั้นอีก 7 วันท่านจะได้รับการทดลองอีกครั้งในอีกกลุ่มการทดลอง (ได้รับการทดลองทั้งการออกกำลังกายแบบสลับช่วงและการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง) โดยการวิจัยนี้เป็นการทดลองแบบไขว้กัน

กลุ่มการทดลองที่ 1 เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง จะได้รับการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน 30 นาที ที่ความหนักระดับปานกลาง 50-60%ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง

กลุ่มการทดลองที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วง จะได้รับการออกกำลังกาย ความหนักสูงสลับเบา 6 รอบ แต่ละรอบประกอบด้วย ช่วงความหนักสูง 1 นาทีที่ความหนัก 75-85%ของ

4) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

5) โรคเกี่ยวกับระบบกระดูกกล้ามเนื้อที่ไม่สามารถออกกำลังกายได้  
(ประเมินจากการวินิจฉัยโรคจากแพทย์ ณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์)

4. ต้องผ่านเกณฑ์การคัดกรอง

5. ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการลดน้ำหนัก

6. ได้รับความยินยอมจากแพทย์ผู้วินิจฉัยโรคที่เกี่ยวข้องกับการมีภาวะอ้วนรุนแรง เช่น การตรวจโรคเกี่ยวกับระบบหลอดเลือดและหัวใจ โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น (ในผู้ที่ไม่เคยเข้ารับการตรวจสุขภาพ) หรือแพทย์ประจำตัว (ในผู้ที่เป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือโรคความดันโลหิตสูงอยู่แล้ว) ให้เข้าร่วมโครงการวิจัย

7. มีความสมัครใจเข้าร่วมในงานวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ไม่สมัครใจเข้าร่วมในการทำวิจัยต่อ

3. การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมฯ ตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก

ท่านจะได้รับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และตรวจเช็คระดับน้ำตาลในเลือด ณ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ก่อนเข้าร่วมวิจัย

ระยะเวลาในการตรวจสุขภาพภายใน 1 วัน (ไม่สามารถบอกเวลาชัดเจนได้เนื่องจากขึ้นอยู่กับจำนวนผู้เข้ารับการตรวจสุขภาพในวันเวลาที่อาสาสมัครสะดวกเข้ารับการตรวจสุขภาพ) โดยเริ่มตั้งแต่ตอนเช้าเวลา 7.30 น. เป็นต้นไป

หากเป็นผู้ที่มีประวัติการรักษาด้วยโรคประจำตัวได้แก่ โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูงจะขออนุญาตขอข้อมูลประวัติการรักษาจากแพทย์ประจำตัวเพิ่มเติม และทำการขออนุญาตให้ผู้ป่วยเข้าร่วมในงานวิจัยจากแพทย์ประจำตัวของผู้เข้าร่วมวิจัย ตามเกณฑ์การคัดเข้า หลังจากนั้นจะมีการประเมินสุขภาพก่อนออกกำลังกายเพื่อตรวจคัดกรองปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ซึ่งสามารถคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิ่งแอม และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามประวัติสุขภาพ ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 5 นาที

2. การประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด ใช้แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิ่งแอม (FRS) ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 3 นาที

3. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี) (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 2 นาที

เมื่อผ่านเกณฑ์การคัดกรองและเกณฑ์การคัดเข้าจะเชิญชวนเข้าร่วมงานวิจัยต่อไป แต่กรณีที่ไม่ผ่านเกณฑ์อย่างไม่อย่างใดอย่างหนึ่งจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การคัดกรองจึงไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยนี้ได้



เลขที่โครงการวิจัย... 096.1/63

วันที่รับรอง... 15 มี.ค. 2564

วันหมดอายุ... 14 มี.ค. 2565

V3.0/2562

### การเตรียมตัวก่อนการเข้ารับการตรวจสุขภาพ

1. ควรเตรียมตัวให้พร้อมก่อนวันตรวจสุขภาพด้วยการพักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อย 8 ชั่วโมง ไม่ควรอดนอนเพราะจะทำให้ผลการตรวจผิดปกติโดยเฉพาะเรื่องความดันโลหิต การเต้นของหัวใจ และอุณหภูมิของร่างกาย

2. ควรงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

3. การตรวจเลือดหึ่งคอาหารและเครื่องดื่ม (ยกเว้นน้ำเปล่า) ตั้งแต่เวลา 20.00 น. ของคืนก่อนวันตรวจ

### 4. การดำเนินงานสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในงานวิจัย และผ่านการคัดกรองแล้ว ผู้วิจัยจะทำการอธิบายผลประโยชน์ และความเสี่ยงจากการเข้าร่วมงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยจะตอบข้อซักถามของผู้เข้าร่วมการวิจัยจนผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความเข้าใจในการมีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้ได้ชัดเจน

ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI มากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 kg/m<sup>2</sup>) จำนวน 18 คน

ท่านจะได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการสรุปการฝึกออกกำลังกายสลับช่วง (Interval training)

	สัปดาห์ที่ 1-6	สัปดาห์ที่ 7-12
โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง	- ช่วงอบอุ่นร่างกาย (40-45%ของอัตรา การเต้นของหัวใจสำรอง) 10 นาที	- ช่วงอบอุ่นร่างกาย (40-45%ของอัตรา การเต้นของหัวใจสำรอง) 10 นาที
ช่วง	- ช่วงฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 6 รอบ	- ช่วงฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 8 รอบ
ชื่อสัปดาห์	แต่ละรอบประกอบด้วย ช่วงความหนักสูง 1 นาที (75-85%ของอัตราการเต้นของ หัวใจสำรอง) สลับกับ ช่วงความหนักเบา 4 นาที (45-55%ของอัตราการเต้นของ หัวใจสำรอง)	แต่ละรอบประกอบด้วย ช่วงความหนักสูง 1 นาที (75-85%ของอัตราการเต้นของ หัวใจสำรอง) สลับกับ ช่วงความหนักเบา 4 นาที (45-55%ของอัตราการเต้นของ หัวใจสำรอง)
เลขที่โครงการวิจัย.....	096.1/63	
วันที่รับรอง.....	15 มี.ค. 2564	ระยะเวลาในช่วงออกกำลังกาย 30 นาที
วันหมดอายุ.....	14 มี.ค. 2565	ระยะเวลาในช่วงออกกำลังกาย 40 นาที - ช่วงคลายอุ่น 15 นาที

โดยจะได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วงเป็นเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ ออกกำลังกาย 5 วันต่อสัปดาห์ รวมเป็น 60 ครั้ง แต่หากมีเหตุสุดวิสัย เช่น บ่วยหรือมีกิจกรรมที่ไม่สามารถออกกำลังกายได้ในวันที่ได้กำหนดกับผู้วิจัยท่านสามารถเลื่อนวันออกกำลังกายได้แต่จะต้องครบ 5 วันต่อสัปดาห์ หรือขาดการออกกำลังกายได้ไม่เกิน 12 ครั้ง (ออกกำลังกายไม่ต่ำกว่า 48 ครั้ง) โดยในสัปดาห์แรกจะต้องฝึกที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หลังจากนั้นสัปดาห์ที่ 2-12 ต้องฝึกเองที่บ้าน ซึ่งท่านจะรับอุปกรณ์การออกกำลังกาย และคำแนะนำในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่บ้านดังนี้

อุปกรณ์การออกกำลังกาย ที่ท่านจะได้รับในการนำไปออกกำลังกายที่บ้านมีดังนี้

1. ดัมเบล ผู้หญิงใช้ดัมเบล 1 กิโลกรัม 2 อัน และผู้ชายใช้ดัมเบล 1 หรือ 2 กิโลกรัม 2 อัน (อาจไม่ใช้ดัมเบลขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของผู้เข้าร่วมงานวิจัย)

2. เสื่อออกกำลังกาย 1 ผืน

3. เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจ

**ข้อตกลงเบื้องต้นในการฝึกออกกำลังกาย**

หากท่านสนใจเข้าร่วมควรปฏิบัติหรือฝึกซ้อมตามวันเวลาที่กำหนดอย่างเคร่งครัด แต่หากมีเหตุสุดวิสัยก็สามารถเลื่อนออกไปได้แต่ต้องครบ 5 วัน/สัปดาห์

**ข้อปฏิบัติในการออกกำลังกาย**

1. ควรดื่มน้ำเปล่าเล็กน้อยก่อนออกกำลังกาย

2. ควรสวมเสื้อผ้าออกกำลังกายที่มีอากาศไหลเวียนได้สะดวก และไม่ยึดอัด

3. ควรสวมรองเท้าออกกำลังกายที่รู้สึกสบายและมีความนุ่มที่เหมาะสม

4. ออกกำลังกายในสถานที่ที่มีอุณหภูมิระดับอุณหภูมิห้อง และมั่นใจว่าไม่ทำให้เกิดอาการสูญเสียน้ำมากจากอากาศร้อน

5. ตรวจสอบสัญญาณชีพด้วยการวัดความดันโลหิตก่อนการออกกำลังกาย และสวมใส่เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทุกครั้งที่ออกกำลังกาย ท่านที่เป็นโรคเบาหวานด้วยควรตรวจระดับน้ำตาลก่อนและหลังการออกกำลังกาย

6. ควรมีเพื่อนร่วมออกกำลังกายหรือมีคนใกล้ชิดอยู่ด้วยในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ข้อควรระวังและความเสี่ยงในขณะฝึกออกกำลังกาย**

1. อาการเตือนภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ ได้แก่ มีอาการสั่น ผิวหนังซีด เหงื่อออกมากผิดปกติ เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ รู้สึกเสียวบริเวณรอบปาก เป็นต้น

2. อาการเตือนภาวะคีโตซิส ได้แก่ มีอาการปากแห้ง หัวใจเต้นเร็ว คลื่นไส้ หรือ อาเจียน เป็นต้น

3. อาการเตือนภาวะขาดเลือด ได้แก่ แน่นหน้าอก ปวดตอก คอ ขากรรไกร แขน และบริเวณอื่นๆ

4. มีอาการหายใจถี่ หายใจลำบาก เหนื่อยผิดปกติ และรู้สึกจะเป็นลม

5. อัตราการเต้นหัวใจผิดปกติ หัวใจเต้นช้าลงหรือเต้นเร็วผิดปกติขณะออกกำลังกาย

6. เจ็บกล้ามเนื้อ เหนื่อยล้าที่สุด

7. มีอาการมึนงง ตาพร่ามัว รู้สึกเสียวซ่าในมือหรือเท้า

หากท่านพบอาการเหล่านี้ให้หยุดออกกำลังกาย และรีบไปพบแพทย์

ทั้งนี้ท่านจะได้รับการเก็บข้อมูล (ทดสอบร่างกาย) 2 ครั้งได้แก่ ก่อนการฝึกออกกำลังกายแบบสลับ

ช่วง และหลังการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 2 กำหนดช่วงเวลาและการดำเนินการเก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย

ช่วงเวลา	การดำเนินการ	ระยะเวลาที่ใช้
วันที่ 1 ของการเก็บข้อมูล ณ คณะสหเวชศาสตร์ และห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		
7.30-8.00 น.	เจาะเลือด ณ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	10 นาที

ช่วงเวลา	การดำเนินการ	ระยะเวลาที่ใช้
	ปริมาตรเลือดที่เจาะ 10 ซีซี (2 ซ้อนชา)	
8.10-8.25 น.	เดินทางจากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมายังห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	15 นาที
8.25-9.05 น.	ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบสอบถาม และแบบประเมินต่างๆ ได้แก่ แบบสอบถามประวัติสุขภาพ แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย แบบประเมินกิจกรรมทางกาย แบบประเมินคุณภาพชีวิต แบบประเมินภาวะซึมเศร้า และแบบประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหารกลุ่มวัยทำงาน (15-59 ปี)	40 นาที
9.05-9.45 น.	ทดสอบการใช้พลังงานขณะพัก	40 นาที
9.45-10.20 น.	รับประทานอาหารเช้า	35 นาที
10.20-10.50 น.	พัก	30 นาที
10.50-11.20 น.	ทดสอบสมรรถภาพของระบบหัวใจและหายใจ ด้วยการเดิน 6 นาที (6 Minute walk test, 6MWT)	30 นาที
11.20-11.40 น.	เสร็จสิ้นการทดสอบวันแรก ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก และสังเกตอาการและติดตามผลหลังการทดสอบ ก่อนให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกลับบ้าน	20 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวันแรกรวมทั้งสิ้น		3 ชั่วโมง 40 นาที
วันที่ 2 ของการเก็บข้อมูล ณ ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		
9.00-9.15 น.	ทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย	15 นาที
9.15-10.15 น.	ทดสอบการทำงานของหลอดเลือด	60 นาที
10.15-10.50 น.	รับประทานอาหารเช้า	35 นาที
10.50-11.30 น.	ทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความแข็งแรง ความอดทนของกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว	40 นาที
11.30-11.40 น.	เสร็จสิ้นการทดสอบวันที่สอง ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก และสังเกตอาการ และติดตามผลหลังการทดสอบ ก่อนให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกลับบ้าน	10 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวันที่สองรวมทั้งสิ้น		2 ชั่วโมง 40 นาที

ในวันเข้ารับการทดสอบท่านควรแต่งกายด้วยชุดออกกำลังกาย โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัยจะมากกว่า 12 สัปดาห์



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564  
วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

ว.ร.อ./2562

ในระหว่างการฝึกออกกำลังกายประเภทสลับช่วงที่บ้านท่านจะได้รับคำแนะนำจากผู้วิจัย 3 ครั้ง เพื่อติดตามผลการฝึกออกกำลังกายประเภทสลับช่วง การพูดคุยถึงปัญหา และวิธีการแก้ไขปัญหานั้นเกี่ยวกับการฝึกออกกำลังกาย ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ดิถุฬพัฒนา 14 ชั้น 10 และจะได้รับการนัดหมายปรับโปรแกรมการออกกำลังกาย 1 ครั้ง (ปรับความเร็วของจังหวะการออกกำลังกาย และเรียนรู้ท่าการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้นในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในระยะที่ 2 สัปดาห์ที่ 7-12) นอกจากนี้ระหว่างการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงหรือช่วงทดลอง 12 สัปดาห์ผู้วิจัยจะทำการสร้างไลน์กลุ่มเพื่อคอยติดตามผลการฝึกผ่านการรายงานผลการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงจากแอปพลิเคชันโพล่า บีท (Polar Beat) ซึ่งท่านจะต้องส่งในไลน์กลุ่มทุกวันที่ท่านออกกำลังกาย ทั้งนี้ท่านจะได้รับเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจยี่ห้อ Polar H10 ซึ่งจะมีการส่งเข้ามามีมือถือของท่าน หากท่านที่ไม่สามารถใช้มือถือได้จะมีการนำติดตามทางโทรศัพท์ทุก 3 วัน

**5. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ**

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยอย่างรอบคอบ โดยการปกปิดข้อมูลทุกข้อมูลของท่านในการทดลองครั้งนี้ จะไม่มีการระบุชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัย จะมีเพียงหมายเลขระบุลำดับการเข้าร่วมการวิจัยเท่านั้น จะมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอข้อมูลที่สามารถระบุถึงตัวผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63

วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564

วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

**6. เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกทำลาย**

**7. ความเสี่ยง/อันตราย และความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมงานวิจัย**

1. ในการวิจัยท่านอาจได้รับความเสี่ยงจากการออกกำลังกาย ซึ่งอาจทำให้มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังจากออกกำลังกายไปแล้ว 2-3 วัน แต่ทั้งนี้ก่อนและหลังการทดสอบการออกกำลังกายทุกครั้ง ท่านจะได้รับการอบอุ่นร่างกายก่อนการออกกำลังกาย และผ่อนคลายกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย แต่หากมีอาการบาดเจ็บ หรือมีอาการตึงตัวของกล้ามเนื้อ หน้าอก ตาพร่ามัว หรือมีอาการหายใจติดขัดเกิดขึ้นในขณะที่ฝึกออกกำลังกาย ท่านต้องรีบแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันทีเพื่อทำการหยุดการทดสอบทันที

2. ความเสี่ยงในช่วงออกกำลังกาย และการทดสอบด้วยการเดิน 6 นาที สำหรับภาวะหัวใจหยุดเต้นจากการทดสอบมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก จากการที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการคัดกรองภาวะการเป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจเป็นอย่างดีจากแพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัย ซึ่งในระหว่างทำการทดสอบท่านจะได้รับการสังเกตอาการได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ และถามความเหนื่อยทุกครั้งที่ได้รับการทดสอบ โดยจะมีทีมผู้วิจัยคอยให้ความช่วยเหลือตลอดเวลาในการทดสอบซึ่งประกอบด้วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัย จำนวนทั้งสิ้น 3 คนเป็นผู้ควบคุมดูแลการทดสอบหากมีกรณีฉุกเฉินดังกล่าวผู้วิจัยเตรียมเครื่องกระตุกหัวใจอัตโนมัติ (AED) ซึ่งมีการอบรมการใช้งานอยู่เป็นประจำ และสามารถช่วยชีวิตได้ทันที ณ สถานที่ที่ทำการทดสอบ นอกจากนี้ยังมีการวางแผนในกระบวนการส่งต่อท่านไปยังโรงพยาบาล โดยได้เตรียมรถในการเคลื่อนย้ายท่านได้ตลอดเวลา และมีการวางแผนเส้นทางการเดินทาง ผู้วิจัยได้ประสานกับแพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัยในการรับคนไข้ที่โรงพยาบาล ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการส่งต่อ ณ สถานพยาบาลและค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา และหากท่านได้รับความผิดปกติ



เนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย ท่านจะได้รับ การคุ้มครองตามกฎหมาย และได้รับการรักษาจนกว่าจะหาย โดยในระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย ผู้วิจัย จะมีการติดตามดูแลสุขภาพของท่านอย่างใกล้ชิดอย่างสม่ำเสมอ

3. ความเสี่ยงที่ได้รับจากการเจาะเลือด ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการ เจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืด และโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือด พบได้น้อยมาก

4. ความเสี่ยงที่ไม่พบแน่นอน ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจาก ที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัย ของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่าน สามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมใน โครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือ จะขอลอนตัวออกจากโครงการวิจัย

มาตรการป้องกันการติดเชื้อ และการแพร่ระบาดในการเก็บข้อมูลวิจัยเนื่องจากสภาวะการแพร่ระบาด ของโรค COVID-2019

1. ทั้งผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการเข้าปฏิบัติเก็บข้อมูลต้องได้รับการคัดกรอง อาการเจ็บป่วยเบื้องต้น โดยมีการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิทางผิวหนัง หากมีอุณหภูมิ สูงเกินกว่า 37.5 องศาเซลเซียส หรือมีอาการที่ไม่ปกติ เช่น ไอ จาม มีน้ำมูก มีเสมหะ เจ็บคอ ปวดเมื่อยตาม ตัวโดยไม่ทราบสาเหตุ หรือหายใจลำบาก จะแนะนำให้บุคคลนั้นกลับบ้านเพื่อสังเกตอาการหรือพบแพทย์ และทำการงดการเก็บข้อมูลในวันนั้น และทำการนัดหมายใหม่เมื่อไม่มีอาการดังกล่าวแล้ว

2. ทั้งผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ หน้ากากอนามัย แผ่นบังหน้า ถุงมือยาง เสมอตลอดระยะเวลาทำการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ ส่วนกลุ่มตัวอย่างหากเป็นการทดสอบ สมรรถภาพที่ไม่ได้มีการออกกำลังกายหรือมีอุปกรณ์บนใบหน้า ให้สวมหน้ากากอนามัยอยู่เสมอ

3. ทั้งผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่างจะต้องล้างมือทำความสะอาดด้วยสบู่ หรือเจล แอลกอฮอล์สำหรับล้างมือก่อนและหลังสิ้นสุดในการทดสอบแต่ละสถานี

4. อุปกรณ์ทดสอบร่างกายและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลทุกอุปกรณ์ จะได้รับการทำความสะอาด หลังจากใช้งานเสร็จสิ้นทุกครั้ง โดยการเช็ดหรือแช่ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนนำกลับมาใช้ใหม่

5. ก่อนและหลังทำการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง จะมีการทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 99% ที่พื้นห้อง เครื่องมือ อุปกรณ์ทุกชนิด เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ของห้องปฏิบัติการ

6. จัดให้สถานที่ทำการทดสอบมีความโปร่ง สบาย อากาศถ่ายเทสะดวก โดยมีการจำกัดจำนวน คนในการเข้ารับการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อลดความแออัด และลดการแพร่กระจายเชื้อโรค



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564  
วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

## 8. ประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัยและของงานวิจัย

### ประโยชน์ของโครงการวิจัยต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ประโยชน์จากโครงการวิจัยครั้งนี้ทำให้เกิดรูปแบบการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่เหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะอ้วน เพื่อไปฝึกออกกำลังกายด้วยตนเองได้อย่างปลอดภัย ลดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายที่ผิดวิธี และช่วยส่งเสริมให้ท่านตระหนักถึงการดูแลสุขภาพด้วยการออกกำลังกาย ซึ่งการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้อาจจะทำให้ท่านมีสุขภาพที่ดีขึ้น หรืออาจจะลดความรุนแรงของโรคได้ แต่ไม่ได้รับรองว่าสุขภาพของท่านจะต้องดีขึ้นหรือความรุนแรงของโรคจะลดลงอย่างแน่นอน

### ประโยชน์ของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
2. ทำให้ทราบถึงผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงต่อองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด และสมรรถภาพทางกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
3. ได้โปรแกรมออกกำลังกายที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

## 9. การแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ในวันทำการทดสอบผู้วิจัยจะทำการเตรียม บำดัม เกลือแร่ ดิชชูแห้งหรือที่ชงเปียกให้ผู้เข้าร่วมวิจัย และเมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าเดินทางและเงินชดเชยการสูญเสียรายได้ หรือความไม่สะดวก ไม่สบาย ในการมาทดสอบค่าการตรวจวัดต่างๆ และการพบนัดหมาย ทุกครั้ง ครั้งละ 250 บาท รวมทั้งหมด 6 ครั้งเป็นเงิน 1,500 บาท โดยจะมอบให้เป็นรายครั้งเมื่อมาทำการทดสอบ

10. การเข้าร่วมการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ สามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ และไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

11. หากมีข้อสงสัย โปรดสอบถามเพิ่มเติมจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

12. หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าว สามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th



เลขที่โครงการวิจัย... 096.1/63  
วันที่รับรอง... 15 มี.ค. 2564  
วันหมดอายุ... 14 มี.ค. 2565

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว  
จึงลงนามยินยอม/ยินยอมด้วยวาจา เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้

1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ _____ ( _____ ) ผู้วิจัยหลัก วันที่ / / _____	ลงชื่อ _____ ( _____ ) ผู้เข้าร่วมการวิจัย วันที่ / / _____
ลงชื่อ _____ ( _____ ) พยาน วันที่ / / _____	



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564  
วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย/ผู้อยู่ในปกครองและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย  
การศึกษาที่ 2 สำหรับกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง (ได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วง)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกายและการทำงานของ  
ของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ชื่อผู้วิจัย นางสาวธัญญากานต์ วรเศรษฐวัฒน์ ตำแหน่ง นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม 1

แขวง วังใหม่ เขต ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

(ที่บ้าน) 4522/22 คอนโดบางกอกเฟรช ซอยพลโยธิน 30 แขวง จันทระเกษม เขต จตุจักร จังหวัด

กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์มือถือ 098-7729796 E-mail : Wahn\_2231@hotmail.com

เรียน อาสาสมัครทุกท่าน

ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการวิจัย ก่อนท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยนี้ โปรดทำความเข้าใจใน  
งานวิจัยนี้ว่าเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสามารถ  
สอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

1. งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแนวทางการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ประกอบด้วยการออกกำลังกาย  
แบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านเพื่อทำให้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงสามารถออกกำลังกายได้เองที่บ้าน รวมถึง  
การรายงานผลการทำงานของหลอดเลือด องค์ประกอบของร่างกาย กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน  
คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

2. รายละเอียดของผู้เข้าร่วมวิจัยและคุณสมบัติ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในอาสาสมัครที่เป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี กลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วน  
รุนแรง ค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> จำนวนทั้งหมด 18 คน โดยมีคุณสมบัติ  
ดังนี้

เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. เป็นเพศหญิงหรือเพศชายอายุระหว่าง 18-50 ปี ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงซึ่งมีค่าดัชนีมวลกาย มากกว่า  
หรือเท่ากับ 37.5 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>
2. ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (ไม่มีการออกกำลังกายเป็นเวลา 15 นาทีขึ้นไปต่อครั้ง  
จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ และต่อเนื่องตลอด 3 เดือนที่ผ่านมา)
3. ไม่เป็นโรคดังต่อไปนี้
  - 1) โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ (ค่าระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c)  $\geq$  10% และ  
ระดับน้ำตาลในเลือด  $\geq$  200 mg/dL)
  - 2) โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ (ความดันโลหิต  $\geq$  140/90 mmHg)
  - 3) โรคหลอดเลือดหัวใจทุกกรณี



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63

วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564

วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

เอกสารทบทวนสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย/ผู้อยู่ในปกครองและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย  
การศึกษาที่ 2 สำหรับกลุ่มผู้นำหนักปกติ (ได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วง)

ชื่อโครงการวิจัยผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกายและการทำงานของ  
ของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

ชื่อผู้วิจัย นางสาวธัญญากานต์ วรเศรษฐวัฒน์ ตำแหน่ง นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา  
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม 1  
แขวง วังใหม่ เขต ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

(ที่บ้าน) 4522/22 คอนโดบางกอกเฟริช ซอยพลโยธิน 30 แขวง จันทระเกษม เขต จตุจักร จังหวัด  
กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์มือถือ 098-7729796 E-mail : Wahn\_2231@hotmail.com



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564  
วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

**เรียน อาสาสมัครทุกท่าน**

ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการวิจัย ก่อนท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยนี้ โปรดทำความเข้าใจใน  
งานวิจัยนี้ว่าเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสามารถ  
สอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

**1. งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ**

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแนวทางการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ประกอบด้วยการออกกำลังกาย  
แบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านเพื่อทำให้ผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรงสามารถออกกำลังกายได้เองที่บ้าน รวมถึง  
การรายงานผลการทำงานของหลอดเลือด องค์ประกอบของร่างกาย กิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน  
คุณภาพชีวิต และภาวะซึมเศร้าในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**2. รายละเอียดของผู้เข้าร่วมวิจัยและคุณสมบัติ**

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในอาสาสมัครที่เป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี กลุ่มผู้มีน้ำหนัก  
ปกติ ค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> จำนวนทั้งหมด 18 คน โดยมีคุณสมบัติดังนี้

เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. เป็นเพศหญิงหรือเพศชายอายุระหว่าง 18-50 ปี ที่มีน้ำหนักปกติซึ่งมีค่าดัชนีมวลกาย 18.5-22.9  
กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>
2. ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (ไม่มีการออกกำลังกายเป็นเวลา 15 นาทีขึ้นไปต่อครั้ง  
จำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ และต่อเนื่องตลอด 3 เดือนที่ผ่านมา)
3. ไม่เป็นโรค ดังต่อไปนี้ 1) โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ 2) โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถ  
ควบคุมได้ 3) โรคหลอดเลือดหัวใจ 4) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และ 5) โรคเกี่ยวกับระบบกระดูกกล้ามเนื้อ
4. ต้องผ่านเกณฑ์การคัดกรอง
5. ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการสลับหนัก
6. มีความสมัครใจเข้าร่วมในงานวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย

### เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
2. ไม่สมัครใจเข้าร่วมในการทำวิจัยต่อ

### 3. การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมฯ ตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก

ท่านจะได้รับการคัดกรองการประเมินสุขภาพก่อนออกกำลังกายเพื่อตรวจคัดกรองปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ซึ่งสามารถคัดกรองเบื้องต้นด้วยแบบสอบถามประวัติสุขภาพ แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดพรามิ้งแฮม และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 ตึกจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ในวันสมัครเข้าร่วมโครงการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามประวัติสุขภาพ ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 5 นาที
2. การประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด ใช้แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดพรามิ้งแฮม (FRS) ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 3 นาที
3. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี) (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) ใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม 2 นาที
4. ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก

เมื่อผ่านเกณฑ์การคัดกรองและเกณฑ์การคัดเข้าจะเชิญชวนเข้าร่วมงานวิจัยต่อไป แต่กรณีที่ไม่ผ่านเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การคัดกรองจึงไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยนี้ได้

การเตรียมตัวก่อนการเข้ารับการประเมินสุขภาพก่อนการออกกำลังกาย

1. ควรเตรียมตัวให้พร้อมก่อนวันตรวจสุขภาพด้วยการพักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อย 8 ชั่วโมง ไม่ควรอดนอนเพราะจะทำให้ผลการตรวจผิดปกติโดยเฉพาะเรื่องความดันโลหิต การเต้นของหัวใจ และอุณหภูมิของร่างกาย
2. ควรงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

### 4. การดำเนินงานสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในงานวิจัย และผ่านการคัดกรองแล้ว ผู้วิจัยจะทำการอธิบายผลประโยชน์ และความเสี่ยงจากการเข้าร่วมงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยจะตอบข้อซักถามของผู้เข้าร่วมการวิจัยจนผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความเข้าใจในการมีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้ได้ชัดเจน

ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเพศชายและหญิง มีอายุตั้งแต่ 18-50 ปี ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักปกติค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI = 18.5-22.9 kg/m<sup>2</sup>) จำนวน 18 คน

ท่านจะได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงดังนี้



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63

วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564

วันหมดอายุ 30/2/64 มี.ค. 2565

## ตารางที่ 1 แสดงการสรุปการฝึกออกกำลังกายสลับช่วง (Interval training)

	สัปดาห์ที่ 1-6	สัปดาห์ที่ 7-12
โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง	- ช่วงอบอุ่นร่างกาย (40-45%ของอัตรา การเต้นของหัวใจสำรอง) 10 นาที	- ช่วงอบอุ่นร่างกาย (40-45%ของอัตรา การเต้นของหัวใจสำรอง) 10 นาที
ช่วง	- ช่วงฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 6 รอบ	- ช่วงฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง 8 รอบ
ออกกำลังกาย 5 วันต่อสัปดาห์	แต่ละรอบประกอบด้วย ช่วงความหนักสูง 1 นาที (75-85%ของอัตราการเต้นของ หัวใจสำรอง) สลับกับ ช่วงความหนักเบา 4 นาที (45-55%ของอัตราการเต้นของ หัวใจสำรอง) ระยะเวลาในช่วงออกกำลังกาย 30 นาที - ช่วงคลายอุ่น 15 นาที	แต่ละรอบประกอบด้วย ช่วงความหนักสูง 1 นาที (75-85%ของอัตราการเต้นของ หัวใจสำรอง) สลับกับ ช่วงความหนักเบา 4 นาที (45-55%ของอัตราการเต้นของ หัวใจสำรอง) ระยะเวลาในช่วงออกกำลังกาย 40 นาที - ช่วงคลายอุ่น 15 นาที

โดยจะได้รับการออกกำลังกายแบบสลับช่วงเป็นเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ ออกกำลังกาย 5 วันต่อสัปดาห์ รวมเป็น 60 ครั้ง แต่หากมีเหตุสุดวิสัย เช่น ป่วยหรือมีกิจกรรมที่ไม่สามารถออกกำลังกายได้ในวันที่ได้กำหนดกับผู้วิจัยท่านสามารถเลื่อนวันออกกำลังกายได้แต่จะต้องครบ 5 วันต่อสัปดาห์ หรือขาดการออกกำลังกายได้ไม่เกิน 12 ครั้ง (ออกกำลังกายไม่ต่ำกว่า 48 ครั้ง) โดยในสัปดาห์แรกจะต้องฝึกที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หลังจากนั้นสัปดาห์ที่ 2-12 ต้องฝึกเองที่บ้าน ซึ่งท่านจะรับอุปกรณ์การออกกำลังกาย และคำแนะนำในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่บ้านดังนี้

อุปกรณ์การออกกำลังกาย ที่ท่านจะได้รับในการนำไปออกกำลังกายที่บ้านมีดังนี้

1. ตั้มเบล ผู้หญิงใช้ตั้มเบล 1 กิโลกรัม 2 อัน และผู้ชายใช้ตั้มเบล 1 หรือ 2 กิโลกรัม 2 อัน (อาจไม่ใช้ตั้มเบลขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของผู้เข้าร่วมงานวิจัย)

2. เสื้อออกกำลังกาย 1 ผืน

3. เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจ

**ข้อตกลงเบื้องต้นในการฝึกออกกำลังกาย**

หากท่านสนใจเข้าร่วมควรปฏิบัติหรือฝึกซ้อมตามวันเวลาที่กำหนดอย่างเคร่งครัด แต่หากมีเหตุสุดวิสัยก็สามารถเลื่อนออกไปได้แต่ต้องครบ 5 วัน/สัปดาห์

**ข้อปฏิบัติในการออกกำลังกาย**

1. ควรดื่มน้ำเปล่าเล็กน้อยก่อนออกกำลังกาย

2. ควรสวมเสื้อผ้าออกกำลังกายที่มีอากาศไหลเวียนได้สะดวก และไม่อึดอัด

3. ควรสวมรองเท้าออกกำลังกายที่รู้สึกสบายและมีความนุ่มที่เหมาะสม

4. ออกกำลังกายในสถานที่ที่มีอุณหภูมิระดับอุณหภูมิห้อง และมั่นใจว่าไม่ทำให้เกิดอาการสูญเสียน้ำมาก

จากอาคารอื่น



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63

วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564

วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

5. ตรวจสอบสัญญาณชีพด้วยการ วัดความดันโลหิตก่อนการออกกำลังกาย และสวมใส่เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทุกครั้งที่ออกกำลังกาย ท่านที่เป็นโรคเบาหวานด้วยควรตรวจระดับน้ำตาลก่อนและหลังการออกกำลังกาย

6. ควรมีเพื่อนร่วมออกกำลังกายหรือมีคนใกล้ชิดอยู่ด้วยในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**ข้อควรระวังและความเสี่ยงในขณะที่ออกกำลังกาย**

1. อาการเตือนภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ ได้แก่ มีอาการสั่น มีเหงื่อซึม หัวใจเต้นเร็ว หรือมีอาการมึนงง เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ รู้สึกเสียวบริเวณรอบปาก เป็นต้น

2. อาการเตือนภาวะซีดซึม ได้แก่ มีอาการปากแห้ง หัวใจเต้นเร็ว คลื่นไส้ หรือ อาเจียน เป็นต้น

3. อาการเตือนภาวะขาดเลือด ได้แก่ แน่นหน้าอก ปวดอก คอ ขากรรไกร แขน และบริเวณอื่น

4. มีอาการหายใจหอบ หายใจลำบาก เหนื่อยผิดปกติ และรู้สึกจะเป็นลม

5. อัตราการเต้นหัวใจผิดปกติ หัวใจเต้นช้าลงหรือเต้นเร็วผิดปกติขณะออกกำลังกาย

6. เจ็บกล้ามเนื้อ เหนื่อยล้าที่สุด

7. มีอาการมึนงง ตาพร่ามัว รู้สึกเสียวซ่าในมือหรือเท้า

หากท่านพบอาการเหล่านี้ให้หยุดออกกำลังกาย และรีบไปพบแพทย์

ทั้งนี้ท่านจะได้รับการเก็บข้อมูล (ทดสอบร่างกาย) 2 ครั้งได้แก่ ก่อนการ **วันที่รับรอง** 15 มี.ค. 2564

ช่วง และหลังการออกกำลังกายแบบสลับช่วง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 2 กำหนดช่วงเวลาและการดำเนินการเก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย

ช่วงเวลา	การดำเนินการ	ระยะเวลาที่ใช้
วันที่ 1 ของการเก็บข้อมูล ณ คณะสหเวชศาสตร์ และห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		
7.30-8.00 น.	เจาะเลือด ณ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปริมาตรเลือดที่เจาะ 10 ซีซี (2 ซ่อนซา)	10 นาที
8.10-8.25 น.	เดินทางจากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมายัง ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	15 นาที
8.25-9.05 น.	ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบสอบถาม และแบบประเมินต่างๆ ได้แก่ แบบสอบถามประวัติสุขภาพ แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย แบบประเมินกิจกรรมทางกาย แบบประเมินคุณภาพชีวิต แบบประเมินภาวะซึมเศร้า และแบบประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหารกลุ่มวัยทำงาน (15-59 ปี)	40 นาที
9.05-9.45 น.	ทดสอบการใช้พลังงานขณะพัก	40 นาที
9.45-10.20 น.	รับประทานอาหารเช้า	35 นาที
10.20-10.50 น.	พัก	30 นาที



K-04-07

ช่วงเวลา	การดำเนินการ	ระยะเวลาที่ใช้
10.50-11.20 น.	ทดสอบสมรรถภาพของระบบหัวใจและหายใจ ด้วยการเดิน 6 นาที (6 Minute walk test, 6MWT)	30 นาที
11.20-11.40 น.	เสร็จสิ้นการทดสอบวันแรก ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก และสังเกตอาการและติดตามผลหลังการทดสอบ ก่อนให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกลับบ้าน	20 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวันแรกรวมทั้งสิ้น		3 ชั่วโมง 40 นาที
วันที่ 2 ของการเก็บข้อมูล ณ ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		
9.00-9.15 น.	ทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย	15 นาที
9.15-10.15 น.	ทดสอบการทำงานของหลอดเลือด	60 นาที
10.15-10.50 น.	รับประทานอาหารเช้า	35 นาที
10.50-11.30 น.	ทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความแข็งแรง ความอดทนของกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว	40 นาที
11.30-11.40 น.	เสร็จสิ้นการทดสอบวันที่สอง ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก และสังเกตอาการ และติดตามผลหลังการทดสอบ ก่อนให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกลับบ้าน	10 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวันที่สองรวมทั้งสิ้น		2 ชั่วโมง 40 นาที

ในวันเข้ารับการทดสอบท่านควรแต่งกายด้วยชุดออกกำลังกาย โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัยจะมากกว่า 12 สัปดาห์

ในระหว่างการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่บ้านท่านจะได้รับการนัดหมายพบผู้วิจัย 3 ครั้ง เพื่อติดตามผลการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วง การพูดคุยถึงปัญหา และวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการฝึกออกกำลังกาย ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ตึกจุฬาพัฒน์ 14 ชั้น 10 และจะได้รับการนัดหมายปรับโปรแกรมการออกกำลังกาย 1 ครั้ง (ปรับความเร็วของจังหวะการออกกำลังกาย และเรียนรู้ท่าการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้นในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงในระยะที่ 2 สัปดาห์ที่ 7-12) นอกจากนี้ระหว่างการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงหรือช่วงทดลอง 12 สัปดาห์ผู้วิจัยจะทำการสร้างไลน์กลุ่มเพื่อคอยติดตามผลการฝึกผ่านการรายงานผลการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงจากแอปพลิเคชันโพล่า บีท (Polar beat) ซึ่งท่านจะต้องส่งในไลน์กลุ่มทุกวันที่ท่านออกกำลังกาย ทั้งนี้ท่านจะได้รับเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจยี่ห้อ Polar H10 ซึ่งจะมีการลิ้งค์เข้ากับมือถือของท่าน หากท่านไม่สามารถใช้มือถือซึ่งมีการเฝ้าติดตามทางโทรศัพท์ ทุก 3 วัน

5. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยอย่างรอบคอบ โดยการปกปิดข้อมูลทุกข้อมูลของท่านในการทดลองครั้งนี้ จะไม่มีการระบุชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัย จะมีเพียงหมายเลขระบุ



เลขที่โครงการวิจัย... 096.1/63

วันที่รับรอง... 15 มิ.ค. 2564

วันหมดอายุ... 14 มิ.ค. 2565

ถ้าเป็นการเข้าร่วมการวิจัยเท่านั้น จะมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

6. เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกทำลาย

7. ความเสี่ยง/อันตราย และความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมงานวิจัย

1. ในการวิจัยท่านอาจได้รับความเสี่ยงจากการออกกำลังกาย ซึ่งอาจทำให้มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังจากออกกำลังกายไปแล้ว 2-3 วัน แต่ทั้งนี้ก่อนและหลังการทดสอบการออกกำลังกายทุกครั้ง ท่านจะได้รับการอบอุ่นร่างกายก่อนการออกกำลังกาย และผ่อนคลายกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย แต่หากมีอาการบาดเจ็บ หรือมีอาการคั่งน้ำวุ้นเยื่อหุ้มสมอง เยื่อหุ้มสมอง ตาพร่ามัว หรือมีอาการหายใจติดขัดเกิดขึ้นในขณะที่ออกกำลังกาย ท่านต้องรีบแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันทีเพื่อทำการหยุดการทดสอบทันที

2. ความเสี่ยงในช่วงออกกำลังกาย และการทดสอบด้วยการเดิน 6 นาที สำหรับภาวะหัวใจหยุดเต้นจากการทดสอบมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก จากการศึกษาที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการคัดกรองภาวะการเป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจเป็นอย่างดีจากแพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัย ซึ่งในระหว่างทำการทดสอบท่านจะได้รับการสังเกตอาการได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ และถามความเหนื่อยทุกครั้งที่ได้รับการทดสอบ โดยจะมีทีมผู้วิจัยคอยให้ความช่วยเหลือตลอดเวลาในการทดสอบซึ่งประกอบด้วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัย จำนวนทั้งสิ้น 3 คนเป็นผู้ควบคุมดูแลการทดสอบหากมีกรณีฉุกเฉินดังกล่าวผู้วิจัยเตรียมเครื่องกระตุกหัวใจอัตโนมัติ (AED) ซึ่งมีการอบรมการใช้งานอยู่เป็นประจำ และสามารถช่วยชีวิตได้ทันที ณ สถานที่ทำการทดสอบ นอกจากนี้ยังมีการวางแผนในกระบวนการส่งต่อท่านไปยังโรงพยาบาล โดยได้เตรียมรถในการเคลื่อนย้ายท่านได้ตลอดเวลา และมีการวางแผนเส้นทางเดินทาง ผู้วิจัยได้ประสานกับแพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัยในการรับคนไข้ที่โรงพยาบาล ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการส่งต่อ ณ สถานพยาบาลและค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา และหากท่านได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย ท่านจะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และได้รับการรักษาจนกว่าจะหาย โดยในระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจะมีการติดตามดูแลสุขภาพของท่านอย่างใกล้ชิดอย่างสม่ำเสมอ

3. ความเสี่ยงที่ได้รับจากการเจาะเลือด ท่านมีโอกาที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืด และโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมาก

4. ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอลอนตัวออกจากโครงการวิจัย



เลขที่โครงการวิจัย... 096.1/63

วันที่รับรอง... 15 มี.ค. 2564

วันหมดอายุ... 14 มี.ค. 2565

**มาตรการป้องกันการติดเชื้อ และการแพร่ระบาดในการเก็บข้อมูลวิจัยเนื่องจากสภาวะการแพร่ระบาดของโรค COVID-2019**

1. ทั้งผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการเข้าปฏิบัติเก็บข้อมูลต้องได้รับการคัดกรองอาการเจ็บป่วยเบื้องต้น โดยมีการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิทางผิวหนัง หากมีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 37.5 องศาเซลเซียส หรือมีอาการที่ไม่ปกติ เช่น ไอ จาม มีน้ำมูก มีเสมหะ เจ็บคอ ปวดเมื่อยตามตัวโดยไม่ทราบสาเหตุ หรือหายใจลำบาก จะแนะนำให้บุคคลนั้นกลับบ้านเพื่อสังเกตอาการหรือพบแพทย์ และทำการงดการเก็บข้อมูลในวันนั้น และทำการนัดหมายใหม่เมื่อไม่มีอาการดังกล่าวแล้ว
2. ทั้งผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ หน้ากากอนามัย แผ่นบังหน้า ถุงมือยาง เสมอตลอดระยะเวลาทำการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ ส่วนกลุ่มตัวอย่างหากเป็นการทดสอบสมรรถภาพที่ไม่ได้มีการออกกำลังกายหรือมีอุปกรณ์บนใบหน้า ให้สวมหน้ากากอนามัยอยู่เสมอ
3. ทั้งผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่างจะต้องล้างมือทำความสะอาดด้วยสบู่ หรือเจลแอลกอฮอล์สำหรับล้างมือก่อนและหลังสิ้นสุดในการทดสอบแต่ละสถานี
4. อุปกรณ์ทดสอบร่างกายและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลทุกอุปกรณ์ จะได้รับการทำความสะอาดหลังจากใช้งานเสร็จสิ้นทุกครั้ง โดยการเช็ดหรือแช่ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนนำกลับมาใช้อีกครั้ง
5. ก่อนและหลังทำการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง จะมีการทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 99% ที่พื้นห้อง เครื่องมือ อุปกรณ์ทุกชนิด เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ของห้องปฏิบัติการ
6. จัดให้สถานที่ทำการทดสอบมีความโปร่ง สบาย อากาศถ่ายเทสะดวก โดยมีการจำกัดจำนวนคนในการเข้ารับการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อลดความแออัด และป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรค

**8. ประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัยและของงานวิจัย**

ประโยชน์ของโครงการวิจัยต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ประโยชน์จากโครงการวิจัยครั้งนี้ทำให้เกิดรูปแบบการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่เหมาะสมกับผู้ที่มิภาวะอ้วน เพื่อนำไปฝึกออกกำลังกายด้วยตนเองได้อย่างปลอดภัย ลดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายที่ผิดวิธี และช่วยส่งเสริมให้ท่านตระหนักถึงการดูแลสุขภาพด้วยการออกกำลังกาย ซึ่งการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้อาจจะทำให้ท่านมีสุขภาพที่ดีขึ้น หรืออาจจะลดความรุนแรงของโรคได้ แต่ไม่ได้รับรองว่าสุขภาพของท่านจะต้องดีขึ้นหรือความรุนแรงของโรคจะลดลงอย่างแน่นอน

ประโยชน์ของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องต่อการใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
2. ทำให้ทราบถึงผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงต่อองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหลอดเลือด การใช้พลังงาน สารชีวเคมีในเลือด และสมรรถภาพทางกายในผู้ที่มีภาวะอ้วนรุนแรง
3. ได้โปรแกรมออกกำลังกายที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์สำหรับที่มีภาวะอ้วนรุนแรง

**9. การแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย**

ในวันทำการทดสอบผู้วิจัยจะทำการเตรียม น้ำดื่ม เกือบแรม ทัชชู่แห้งหรือทิชชู่เปียกให้ผู้เข้าร่วมวิจัย และเมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่า



เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63

วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564

วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

เดินทางและเงินชดเชยการสูญเสียรายได้ หรือความไม่สะดวก ไม่สบาย ในการมาทดสอบค่าการตรวจวัด  
ต่างๆ และการพบนิคหมาย ทุกครั้ง ครั้งละ 250 บาท รวมทั้งหมด 6 ครั้งเป็นเงิน 1,500 บาท โดยจะมอบให้  
เป็นรายครั้งเมื่อมาทำการทดสอบ

10. การเข้าร่วมการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ สามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ  
โดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ และไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

11. หากมีข้อสงสัย โปรดสอบถามเพิ่มเติมจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็น  
ประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

12. หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าว สามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการ  
วิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน  
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว  
จึงลงนามยินยอม/ยินยอมด้วยวาจา เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้  
1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ _____ ( _____ ) ผู้วิจัยหลัก วันที่ / /	ลงชื่อ _____ ( _____ ) ผู้เข้าร่วมการวิจัย วันที่ / /
ลงชื่อ _____ ( _____ ) พยาน วันที่ / /	

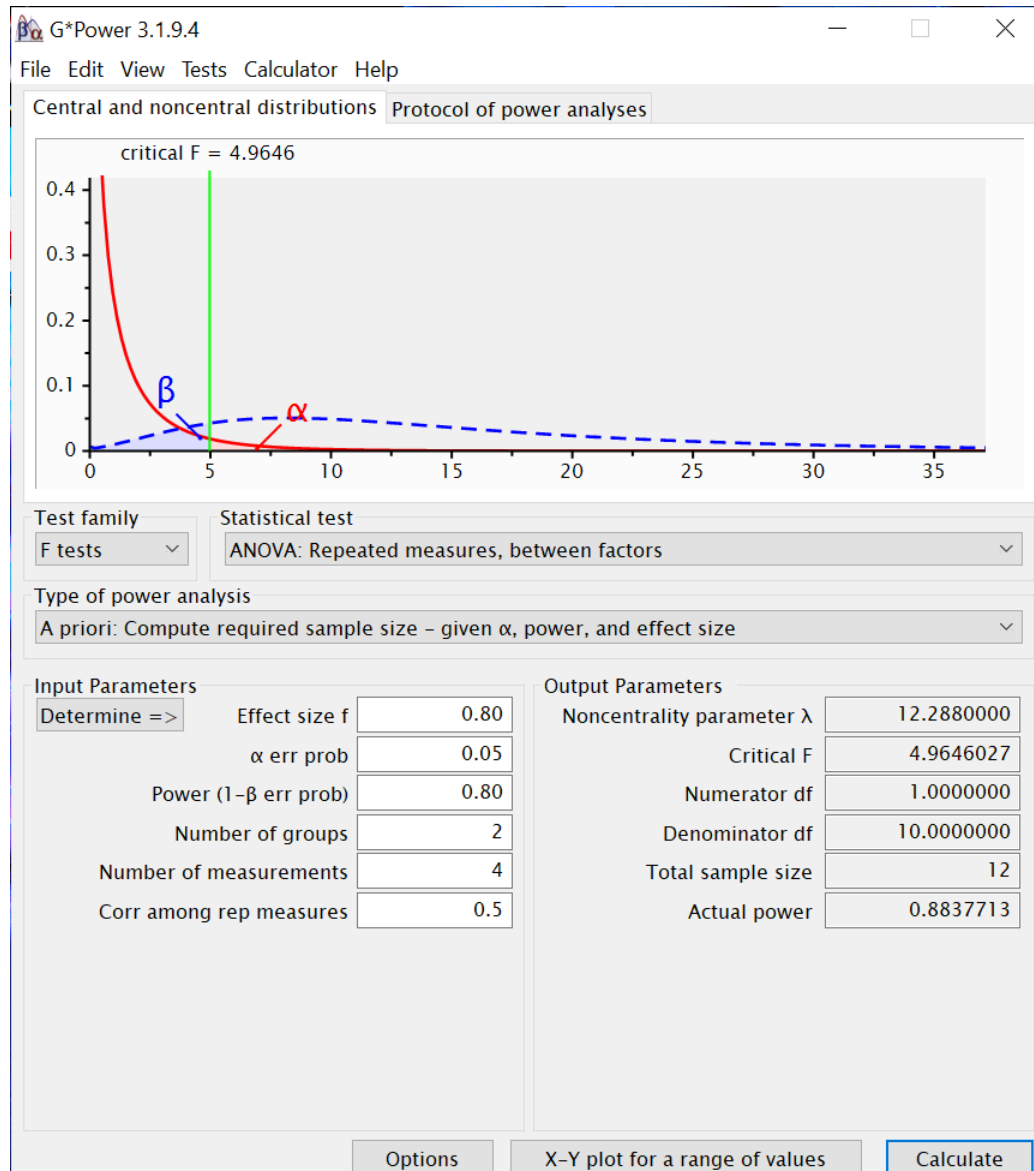


เลขที่โครงการวิจัย 096.1/63  
วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2564  
วันหมดอายุ 14 มี.ค. 2565

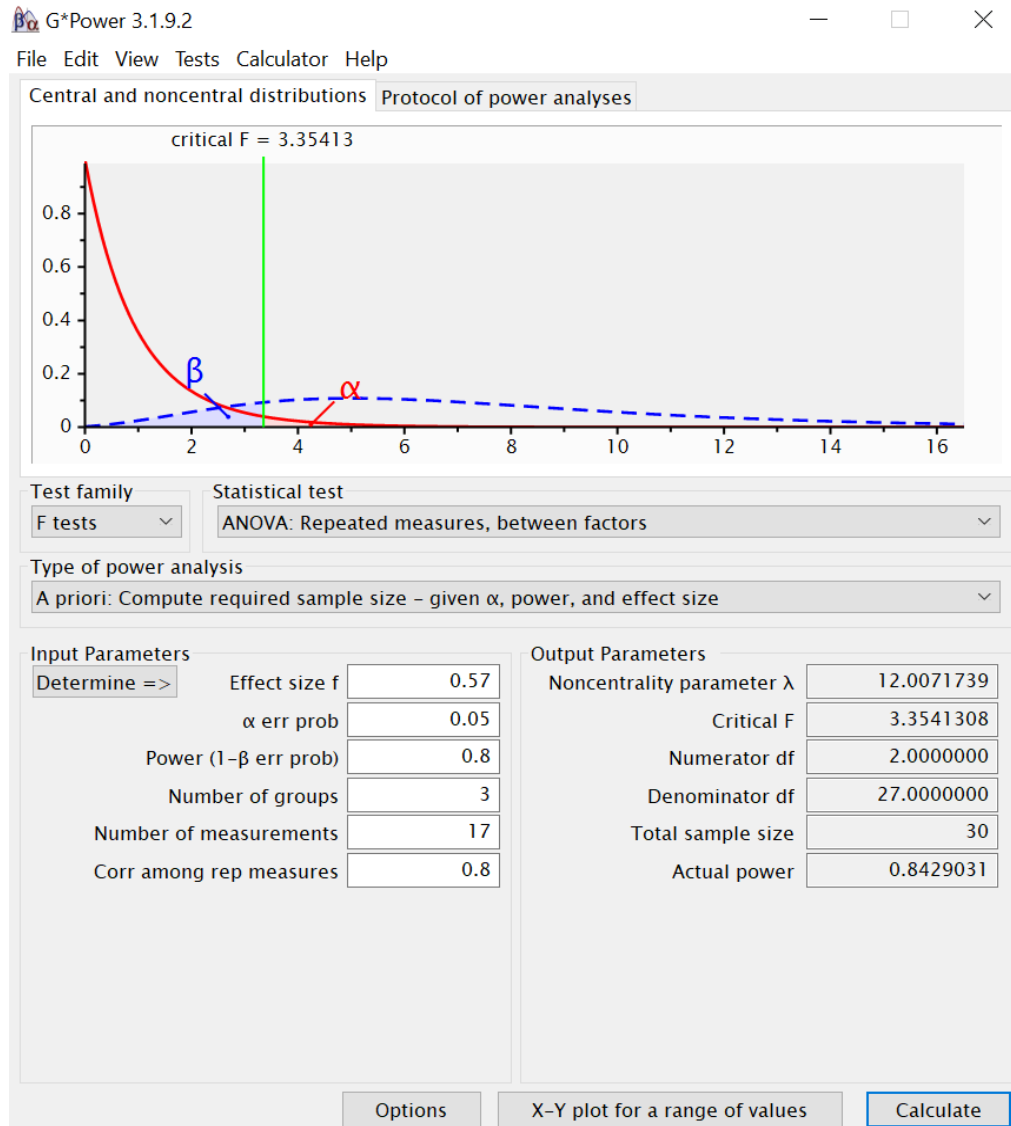


## ภาคผนวก ค

การศึกษาที่ 1 การคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากโปรแกรมสำเร็จรูป จี-พาวเวอร์ (G\*Power) เวอร์ชัน 3.1.9.4 โดยใช้ตัวแปรอ้างอิงจากงานวิจัย บิลินเดอร์ เอส ซีม่า และคณะ (Cheema, B. S. et al., 2015)



การศึกษาที่ 2 การคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากโปรแกรมสำเร็จรูป จี-พาวเวอร์ (G\*Power) เวอร์ชัน 3.1.9.2 โดยใช้ตัวแปรอ้างอิงจากงานวิจัย ของ เรซิล และคณะ (Racil et al., 2016)







## ภาคผนวก ง

## แบบสอบถามประวัติสุขภาพ (Personal and family medical history)

รหัสผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....

คุณเคยเข้ารับการทดสอบก่อนเข้าโปรแกรมออกกำลังกายหรือไม่

.....

ถ้าเคยคุณทดสอบเมื่อ.....สถานที่ทำการทดสอบ.....

ประวัติสุขภาพในอดีต			ข้อมูลของคนในครอบครัว			ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน		
คุณเคยมีอาการเหล่านี้	มี	ไม่มี	ญาติสายตรงมีอาการเหล่านี้	มี	ไม่มี	คุณมีอาการเหล่านี้	มี	ไม่มี
ความดันโลหิตสูง			หัวใจวาย			เจ็บแน่นหน้าอก		
โรคหัวใจ			ความดันสูง			หายใจติดขัด		
โรคลิ้นหัวใจ			คอเลสเตอรอลสูง			ใจสั่น		
โรคหลอดเลือดแดง			หลอดเลือดสมอง			หัวใจเต้นผิดจังหวะ		
เส้นเลือดอุดตัน			เบาหวาน			มีอาการไอเมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกาย		
โรคปอด			ผ่าตัดหัวใจ			การเคลื่อนไหวร่างกาย		
หอบหืด			โรคหัวใจแต่กำเนิด			ไอเป็นเลือด		
โรคไต			เสียชีวิตก่อนวัย			เวียนศีรษะ		
ตับอักเสบ			อาการป่วยอื่นๆ			ปวดศีรษะบ่อย		
เบาหวาน			.....			เป็นหวัดบ่อย		
กระดูกเสื่อม			.....			ปวดหลัง		
			.....			มีปัญหากระดูก		

การแพ้ยา  ไม่มี  แพ้ โปรดระบุ.....ตรวจวัดระดับคอเลสเตอรอล  ไม่เคย  เคย ค่าที่ได้.....วันที่ตรวจ.....คุณเคยใช้ยาหรือไม่  ไม่เคย  เคย โปรดระบุ

ยาที่ใช้.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....

ยาที่ใช้.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....

ยาที่ใช้.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....

- ปัจจุบันคุณสูบบุหรี่  ไม่สูบบุหรี่
- สูบ ประมาณ.....ม้วน/วัน
- เคยสูบ สูบมานาน.....ปี แต่เลิกมาแล้ว.....ปี
- ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์  ไม่ดื่ม
- ดื่ม ระบุชนิด.....ประมาณ.....แก้ว/สัปดาห์
- เครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน  ไม่ดื่ม
- ดื่ม ระบุชนิด.....ประมาณ.....แก้ว/สัปดาห์

### ประเมินระดับกิจกรรมทางกาย

หน้าที่การงานของคุณมีการเคลื่อนไหวระดับใด

- นั่งทำงาน  ยืนและเดินบ้าง  เคลื่อนไหวร่างกายเป็นประจำ  มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา

คุณมีความสนใจที่จะออกกำลังกาย  ไม่สนใจ  สนใจ

- คุณชอบการออกกำลังกายแบบใด ระบุ.....
- คุณมีเวลาออกกำลังกาย.....วัน/สัปดาห์.....นาที/วัน

คุณเคยหายใจติดขัดขณะออกกำลังกาย  ไม่เคย  เคย

คุณเคยเจ็บแน่นหน้าอกขณะออกกำลังกาย  ไม่เคย  เคย เมื่อหยุดพักแล้วอาการเหล่านี้หายไปหรือไม่.....

ขณะนี้คุณกำลังลดน้ำหนักตัวอยู่หรือไม่  ไม่ใช่  ใช่

- ระยะเวลาที่ใช้ในการลดน้ำหนักตัว.....เดือน

- แผนการลดน้ำหนักถูกกำหนดโดยแพทย์หรือไม่  ไม่ใช่  ใช่

ก่อนหน้านี้คุณเคยลดน้ำหนักตัวหรือไม่  ไม่เคย  เคย

วิธีการลดน้ำหนักคือ.....

จุดประสงค์ในการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายครั้งนี้คือ

- ลดน้ำหนัก  เพื่อสุขภาพ  สนุกสนาน  คลายความเครียด  คำแนะนำจากแพทย์

- สร้างเสริมสมรรถภาพ  อื่นๆ



ภาคผนวก จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ภาคผนวก จ**  
**แบบประเมินปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดฟรามิงแฮม**  
**(Framingham Risk Score)**  
**ระยะ 10 ปี**

รหัสผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....

**ระดับคะแนนฟรามิงแฮมจำแนกตามอายุ**

อายุ	คะแนน	
	เพศชาย	เพศหญิง
20-34	-9	-7
35-39	-4	-3
40-44	0	0
45-49	3	3
50-54	6	6
55-59	8	8
60-64	10	10
65-69	11	12
70-74	12	14
75-79	13	16

**ระดับคะแนนฟรามิงแฮมจำแนกตามอายุและคอเลสเตอรอลรวม**

คอเลสเตอรอลรวม	อายุ 20-39		อายุ 40-49		อายุ 50-59		อายุ 60-69		อายุ 70-79	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
<160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160-199	4	4	3	3	2	2	1	1	0	0
200-239	7	8	5	6	3	4	1	2	0	1
240-279	9	11	6	8	4	5	2	3	1	2
280+	11	13	8	10	5	7	3	4	1	2

## ระดับคะแนนฟรามิงแฮมจำแนกตามอายุและสูบบุหรี่

	อายุ 20-39		อายุ 40-49		อายุ 50-59		อายุ 60-69		อายุ 70-79	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
ไม่สูบบุหรี่	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
สูบบุหรี่	8	9	5	7	3	4	1	2	1	1

## ระดับคะแนนฟรามิงแฮมจำแนกตามระดับเอช ดี แอล

เอช ดี แอล	ระดับคะแนน	
	เพศชาย	เพศหญิง
60+	-1	-1
50-59	0	0
40-49	1	1
<40	2	2

## ระดับคะแนนฟรามิงแฮมจำแนกตามความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและสถานการณ้รักษา

ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว	ไม่ได้รักษา		อยู่ในระหว่างการรักษา	
	เพศชาย	เพศหญิง	เพศชาย	เพศหญิง
<120	0	0	0	0
120-129	0	1	1	3
130-139	1	2	2	4
140-159	1	3	2	5
160+	2	4	3	6

คะแนนความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ระยะ 10 ปี ประเมินโดยใช้คะแนนฟรามิง  
แอมรวม

เพศชาย		เพศหญิง	
คะแนนรวม	ความเสี่ยงระยะ 10 ปี	คะแนนรวม	ความเสี่ยงระยะ 10 ปี
<	0%	<9	<1%
0	1%	9	1%
1	1%	10	1%
2	1%	11	1%
3	1%	12	1%
4	1%	13	2%
5	2%	14	2%
6	2%	15	3%
7	3%	16	4%
8	4%	17	5%
9	5%	18	6%
10	6%	19	8%
11	8%	20	11%
12	10%	21	14%
13	12%	22	17%
14	16%	23	22%
15	20%	24	27%
16	25%	≥25	≥30%
≥17	≥30%		

ที่มา : Borjesson et al., 2011



### ภาคผนวก ฉ

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี)

(Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q)

การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอเป็นผลดีต่อสุขภาพและมีความสุขสนาน ประชาชนจำนวนมากเริ่มสนใจที่จะเข้าร่วมออกกำลังกายมากขึ้นทุกวัน โดยทั่วไปการออกกำลังกายหนักปานกลางค่อนข้างปลอดภัยสำหรับคนส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามอาจมีบางคนที่จำเป็นต้องได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่จะเข้าร่วมการออกกำลังกายที่หนักขึ้น

ถ้าท่านมีแผนการที่จะออกกำลังกายหนักปานกลางมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน กรุณาตอบคำถามทั้ง 7 ข้อข้างล่างนี้ ถ้าท่านมีอายุระหว่าง 15-69 ปี การตอบคำถามในแบบประเมินจะช่วยบอกว่าท่านสมควรได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่จะเริ่มต้นออกกำลังกายหรือไม่

โปรดอ่านอย่างละเอียดและตอบคำถามเหล่านี้ตามความเป็นจริงว่า มี/เคย หรือ ไม่มี/ไม่เคย ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

- เคย  ไม่เคย
1. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน เคยบอกหรือไม่ว่า ท่านมีความผิดปกติของหัวใจและควรออกกำลังกาย ภายใต้อำนาจแนะนำของแพทย์เท่านั้น
- มี  ไม่มี
2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอกในขณะที่ท่านออกกำลังกายหรือไม่?
- เคย  ไม่เคย
3. ในรอบเดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอกในขณะที่อยู่เฉยๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่?
- มี  ไม่มี
4. ท่านมีอาการสูญเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องจากอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่? หรือท่านเคยเป็นลมหมดสติหรือไม่?
- มี  ไม่มี
5. ท่านมีปัญหาที่กระดูกหรือข้อต่อ ซึ่งจะมีอาการแฉ่ง ถ้าออกกำลังกายหรือไม่?
- มี  ไม่มี
6. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน มีการสั่งยารักษาโรคความดันโลหิตสูงหรือความผิดปกติของหัวใจให้ท่านหรือไม่?
- มี  ไม่มี
7. เท่าที่ท่านทราบ ยังมีเหตุผลอื่นๆ อีก ที่ทำให้ท่านไม่สามารถออกกำลังกายได้หรือไม่

ข้าพเจ้าได้อ่านได้ทำความเข้าใจและกรอกแบบ PAR-Q ทุกคำถามด้วยความเต็มใจ

ลายเซ็น.....ผู้ทำการประเมินวันที่...../...../.....  
(.....)





## ภาคผนวก ข

แบบประเมินกิจกรรมทางกายสากล (Global Physical Activity Questionnaire-GPAQ<sub>v2</sub>)

กิจกรรมทางกาย (Physical activity)			
<p>ต่อไปนี้จะถามท่านเกี่ยวกับระยะเวลาที่ท่านใช้ในการทำกิจกรรมทางกายรูปแบบต่างๆ ในแต่ละสัปดาห์ กรุณาตอบคำถามเหล่านี้แม้ว่าท่านไม่ได้คิดว่าท่านเป็นคนที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายมากนักก็ตาม ก่อนอื่นลองนึกถึงระยะเวลาที่ท่านใช้ในการทำงาน โดยนึกถึงงานที่ท่านต้องทำทั้งเป็นงานที่มีค่าจ้างและไม่มีค่าจ้าง การเรียน/การฝึกซ้อม งานบ้าน ทำสวนครัว/เพาะปลูก ตกปลาหรือล่าสัตว์เพื่อเป็นอาหาร การหางานทำ (และตัวอย่างอื่นๆ)</p> <p>ในการตอบข้อคำถามต่อไปนี้ “กิจกรรมที่มีความหนักค่อนข้างมาก” หมายถึง กิจกรรมที่ต้องออกแรงมาก ซึ่งเป็นเหตุให้ต้องหายใจถี่ขึ้นมาก หรืออัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก และ “กิจกรรมที่มีความหนักปานกลาง” หมายถึง กิจกรรมที่ออกแรงปานกลาง เป็นเหตุให้หายใจถี่ขึ้นเล็กน้อย หรืออัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเล็กน้อย</p>			
คำถาม		คำตอบ	รหัส
กิจกรรมในการทำงาน (Activity at work)			
1	งานของท่านมีส่วนเกี่ยวข้องกับ “กิจกรรมที่มีความหนักค่อนข้างมาก” จนเป็นเหตุให้ต้องหายใจถี่ขึ้นมาก หรืออัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เช่น งานยก/แบก/หามของหนัก งานขุดดิน หรืองานก่อสร้าง ติดต่อกันอย่างน้อย 10 นาที	ใช่ 1 ไม่ใช่ 2 (ถ้าตอบว่า ไม่ใช่ ให้ข้ามไปตอบ P4)	P1
2	ท่านต้องทำ “กิจกรรมที่มีความหนักค่อนข้างมาก” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานของท่าน สัปดาห์ละกี่วัน	จำนวนวัน .....	P2
3	ท่านใช้เวลานานเพียงใดในการทำ “กิจกรรมที่มีความหนักค่อนข้างมาก” ในการทำงานแต่ละวัน	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> นาที	P3 (a-b)
4	งานของท่านมีส่วนเกี่ยวข้องกับ “กิจกรรมที่มีความหนักปานกลาง” ที่ทำให้ท่านมีการหายใจถี่ขึ้นเล็กน้อย หรืออัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เช่น เดินเร็วๆ หรือมีการยกของเบาๆ ติดต่อกันเป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที	ใช่ 1 ไม่ใช่ 2 (ถ้าตอบว่า ไม่ใช่ ให้ข้ามไปตอบ P7)	P4
5	ท่านต้องทำ “กิจกรรมที่มีความหนักปานกลาง” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานของท่าน สัปดาห์ละกี่วัน	จำนวนวัน .....	P5
6	ท่านใช้เวลานานเพียงใดในการทำ “กิจกรรมที่มีความหนัก	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> นาที	P6

	ปานกลาง” ในการทำงานแต่ละวัน	ชั่วโมง	นาที	(a-b)
<b>การเดินทางไป-กลับที่ต่างๆ (Travel to and from places)</b>				
คำถามต่อไปจะ ไม่เกี่ยวกับกิจกรรมทางกาย ที่เกิดขึ้นในการทำงาน ตามที่ท่านได้ตอบไปแล้วตอนนี้ จะขอถามท่านถึงเรื่องการเดินทางตามปกติไปยังที่ต่างๆ ในชีวิตประจำวันของท่าน เช่น ไปทำงาน ไปซื้อของ ไปตลาด ไปวัด ฯลฯ				
7	ท่านเดินทางไป-กลับ ยังที่ต่างๆ โดยการเดิน หรือขี่จักรยาน ติดต่อกันอย่างน้อย 10 นาที หรือไม่	ใช่ 1 ไม่ใช่ 2 (ถ้าตอบว่า <b>ไม่ใช่</b> ให้ ข้ามไปตอบ P10)		P7
8	ในแต่ละสัปดาห์ มีกี่วันที่ท่านได้เดินหรือขี่จักรยานไป-กลับ ยังที่ต่างๆ ติดต่อกันอย่างน้อย 10 นาที	จำนวนวัน .....		P8
9	ในแต่ละวัน ท่านใช้เวลาเพื่อการเดิน หรือขี่จักรยานนาน เพียงใด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> นาที		P9 (a-b)
<b>กิจกรรมนันทนาการ (Recreational activities)</b>				
คำถามต่อไป จะไม่เกี่ยวกับกิจกรรมในการทำงานและการเดินทางที่ท่านได้ตอบไปแล้วตอนนี้ จะถามท่านถึง กีฬา การฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง และกิจกรรมนันทนาการ (กิจกรรมยามว่าง)				
10	ท่านได้เล่นกีฬา หรือฝึกหนักเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง หรือทำกิจกรรมนันทนาการยามว่าง ที่ต้องออกแรงหนัก ค่อนข้างมาก จนทำให้ท่านต้องหายใจถี่ขึ้น หรือหัวใจเต้นเร็ว ขึ้นอย่างมาก เช่น วิ่ง หรือเล่นฟุตบอล ติดต่อกันอย่างน้อย 10 นาที	ใช่ 1 ไม่ใช่ 2 (ถ้าตอบว่า <b>ไม่ใช่</b> ให้ ข้ามไปตอบ P13)		P10
11	ท่านได้เล่นกีฬาหรือฝึกหนักเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงหรือ ทำกิจกรรมนันทนาการยามว่าง ที่ต้องออกแรงหนัก ค่อนข้างมาก สัปดาห์ละกี่วัน	จำนวนวัน .....		P11
12	ท่านได้เล่นกีฬา หรือฝึกหนักเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง หรือทำกิจกรรมนันทนาการยามว่าง ที่ต้องออกแรงหนัก ค่อนข้างมาก นานเท่าไรในแต่ละวัน	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> นาที		P12 (a-b)
13	ท่านได้เล่นกีฬา หรือฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง หรือทำ กิจกรรมนันทนาการยามว่าง ที่ออกแรงปานกลาง ทำให้ท่าน หายใจถี่ขึ้นย หรือหัวใจเต้นเร็วขึ้นเล็กน้อย เช่น เดินเร็ว ขี่ จักรยาน ว่ายน้ำ ฟุตบอล ติดต่อกันอย่างน้อย 10 นาที	ใช่ 1 ไม่ใช่ 2 (ถ้าตอบว่า <b>ไม่ใช่</b> ให้ ข้ามไปตอบ P16)		P13

14	ท่านได้เล่นกีฬา หรือฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง หรือทำกิจกรรมนันทนาการยามว่าง ที่ออกแรงปานกลางสัปดาห์ละกี่วัน	จำนวนวัน .....	P14
15	ท่านได้เล่นกีฬา หรือฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง หรือทำกิจกรรมนันทนาการยามว่าง ที่ออกแรงปานกลาง นานเท่าไรในแต่ละวัน	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> นาที	P15 (a-b)
<b>พฤติกรรมการนั่ง (Sedentary behavior)</b>			
ต่อไปเป็นคำถามเกี่ยวกับการนั่งๆนอนๆ ทั้งที่บ้าน หรือที่ทำงาน การเดินทางไป-กลับยั้งที่ต่างๆ รวมถึงเวลาที่ใช้ในการนั่งโต๊ะทำงาน นั่งคุยกับเพื่อน นั่งอยู่ในรถยนต์ รถประจำทาง รถไฟ นั่งอ่านหนังสือ นั่งเล่นไฟ นั่งดูโทรทัศน์ แต่ไม่รวมถึงเวลานอนหลับ			
16	ในแต่ละวัน ท่านใช้เวลาไปกับการนั่งๆนอนๆนานเพียงใด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> นาที	P16 (a-b)

ที่มา : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2552



ภาคผนวก ฅ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

### ภาคผนวก ฅ

แบบประเมินคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกชุดย่อ ฉบับภาษาไทย (WHOQOL - BREF - THAI) คำชี้แจง ข้อคำถามต่อไปนี้จะถามถึงประสบการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งของท่าน ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา ให้ท่านสำรวจตัวท่านเอง และประเมิน เหตุการณ์หรือ ความรู้สึกของท่านแล้วทำเครื่องหมาย X ใน ช่องคำตอบที่เหมาะสมและเป็นจริงกับตัวท่านมากที่สุด โดยคำตอบมี 5 ตัวเลือก คือ

- ไม่เลย** หมายถึง ท่านไม่มีความรู้สึกเช่นนั้นเลย รู้สึกไม่พอใจมาก หรือรู้สึกแย่มาก
- เล็กน้อย** หมายถึง ท่านมีความรู้สึกเช่นนั้นนานๆ ครั้ง รู้สึกเช่นนั้นเล็กน้อย รู้สึกไม่พอใจหรือรู้สึกแย่น้อย
- ปานกลาง** หมายถึง ท่านมีความรู้สึกเช่นนั้นปานกลาง รู้สึกพอใจระดับกลางๆ หรือรู้สึกแยระดับกลาง
- มาก** หมายถึง ท่านมีความรู้สึกเช่นนั้นบ่อยๆ รู้สึกพอใจหรือรู้สึกดี
- มากที่สุด** หมายถึง ท่านมีความรู้สึกเช่นนั้นเสมอ รู้สึกเช่นนั้นมากที่สุด รู้สึกว่าสมบูรณ์ รู้สึกพอใจมาก หรือรู้สึกดีมาก

ลำดับ	ในช่วง 2 สัปดาห์	ไม่เลย	เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1	ท่านพอใจกับสุขภาพของท่านในตอนนี้อย่างใด					
2	การเจ็บปวดตามร่างกาย เช่น ปวดหัว ปวดท้อง ปวดตามตัว ทำให้ท่านไม่สามารถทำในสิ่งที่ต้องการมากนักหรือไม่เพียงใด					
3	ท่านมีกำลังเพียงพอที่จะทำสิ่งต่างๆ ในแต่ละวันไหน (ทั้งเรื่องงาน หรือการดำเนินชีวิตประจำวัน)					
4	ท่านพอใจกับการนอนหลับของท่านมากน้อยเพียงใด					
5	ท่านรู้สึกพึงพอใจในชีวิต (เช่น มีความสุข ความสงบ มีความหวัง) มากน้อยเพียงใด					
6	ท่านมีสมาธิในการทำงานต่างๆ ดีเพียงใด					
7	ท่านรู้สึกพอใจในตนเองมากน้อยแค่ไหน					

ลำดับ	ในช่วง 2 สัปดาห์	ไม่เคย	เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
8	ท่านยอมรับรูปร่างหน้าตาของตัวเองได้ไหม					
9	ท่านมีความรู้สึกไม่ดี เช่น รู้สึกเหงา เศร้า หดหู่ สิ้นหวัง วิตกกังวล บ่อยแค่ไหน					
10	ท่านรู้สึกพอใจมากน้อยแค่ไหนที่สามารถทำอะไรผ่านไปได้ในแต่ละวัน					
11	ท่านจำเป็นต้องไปรับการรักษาพยาบาลมากน้อยเพียงใดเพื่อที่จะทำงานหรือมีชีวิตอยู่ไปได้ในแต่ละวัน					
12	ท่านพอใจกับความสามารถในการทำงานได้อย่างที่เคยทำมามากน้อยเพียงใด					
13	ท่านพอใจต่อการผูกมิตรหรือเข้ากับคนอื่นอย่างที่ผ่านมาแค่ไหน					
14	ท่านพอใจกับการช่วยเหลือที่เคยได้รับจากเพื่อนๆ แค่นั้น					
15	ท่านรู้สึกว่าชีวิตมีความมั่นคงปลอดภัยดีไหมในแต่ละวัน					
16	ท่านพอใจกับสภาพบ้านเรือนที่อยู่ตอนนี้มากน้อยเพียงใด					
17	ท่านมีเงินพอใช้จ่ายตามความจำเป็นมากน้อยเพียงใด					
18	ท่านพอใจที่จะสามารถไปใช้บริการสาธารณสุขได้ตามความจำเป็นเพียงใด					
19	ท่านได้รู้เรื่องราวข่าวสารที่จำเป็นในชีวิตแต่ละวันมากน้อยเพียงใด					
20	ท่านมีโอกาสได้พักผ่อนคลายเครียดมากน้อยเพียงใด					
21	สภาพแวดล้อมดีต่อสุขภาพของท่านมากน้อยเพียงใด					

ลำดับ	ในช่วง 2 สัปดาห์	ไม่เลย	เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
22	ท่านพอใจกับการเดินทางไปไหนมาไหนของท่าน (หมายถึงการคมนาคม) มากน้อยเพียงใด					
23	ท่านรู้สึกว่าคุณชีวิตท่านมีความหมายมากน้อยแค่ไหน					
24	ท่านสามารถไปไหนมาไหนด้วยตนเองได้ดีเพียงใด					
25	ท่านพอใจในชีวิตทางเพศของท่านแค่ไหน (ชีวิตทาง เพศ หมายถึง เมื่อเกิดความรู้สึกทางเพศขึ้นแล้วท่านมีวิธีการทำให้ผ่อนคลายลงได้ รวมถึง การช่วยตัวเองหรือการมีเพศสัมพันธ์					
26	ท่านคิดว่าท่านมีคุณภาพชีวิต (ชีวิตความเป็นอยู่) อยู่ในระดับใด					

ที่มา : สุวัฒน์ มหิรินทร์กุล และคณะ, 2540





ภาคผนวก ๓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## ภาคผนวก ญ

## แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า 2 คำถาม (2Q)

คำถาม	มี	ไม่มี
1. ใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา รวมวันนี้ ท่านรู้สึก หดหู่ เศร้า หรือท้อแท้สิ้นหวังหรือไม่		
2. ใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา รวมวันนี้ท่านรู้สึก เบื่อ ทำอะไรก็ไม่เพลิดเพลินหรือไม่		

## การแปลผล

- ถ้าคำตอบ **ไม่มี** ทั้ง 2 คำถาม ถือว่า **ปกติ** ไม่เป็นโรคซึมเศร้า
- ถ้าคำตอบ **มี** ข้อใดข้อหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้อ (มีอาการใดๆ ในคำถามที่ 1 และ 2) หมายถึง **“เป็นผู้มีความเสี่ยง”** หรือ **“มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคซึมเศร้า”** ให้ประเมินต่อด้วยแบบประเมิน โรคซึมเศร้า 9Q

## แบบประเมินภาวะซึมเศร้า 9 คำถาม (9Q)

ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมารวมทั้งวันนี้ ท่านมีอาการเหล่านี้ บ่อยแค่ไหน	ไม่มีเลย	เป็นบาง วัน 1-7 วัน	เป็นบ่อย >7 วัน	เป็นทุกวัน
1. เบื่อไม่สนใจอยากทำอะไร	0	1	2	3
2. ไม่สบายใจ ซึมเศร้า ท้อแท้	0	1	2	3
3. หลับยากหรือหลับๆตื่นๆหรือหลับมากไป	0	1	2	3
4. เหนื่อยง่ายหรือไม่ค่อยมีแรง	0	1	2	3
5. เบื่ออาหารหรือกินมากเกินไป	0	1	2	3
6. รู้สึกไม่ดีกับตัวเอง คิดว่าตัวเองล้มเหลวหรือ ครอบครัวผิดหวัง	0	1	2	3
7. สมาธิไม่ดี เวลาทำอะไร เช่น ดูโทรทัศน์ ฟัง วิทยุ หรือทำงานที่ต้องใช้ความตั้งใจ	0	1	2	3
8. พุดซ้ำ ทำอะไรซ้ำลงจนคนอื่นสังเกตเห็นได้ หรือกระสับกระส่ายไม่สามารถอยู่นิ่งได้เหมือน ที่เคยเป็น	0	1	2	3
9. คิดทำร้ายตนเอง หรือคิดว่าถ้าตายไปคงจะดี	0	1	2	3
<b>คะแนนรวมทั้งหมด</b>				

คะแนนรวม	การแปลผล
<7	ไม่มีอาการของโรคซึมเศร้าหรือมีอาการของโรคซึมเศร้าระดับน้อยมาก
คะแนนรวม	การแปลผล
7-12	มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับน้อย
13-18	มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับปานกลาง
≥ 19	มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับรุนแรง

คะแนน 9Q ≥ 7 ให้ประเมินแนวโน้มการฆ่าตัวตาย ด้วย 8Q

แบบประเมินการฆ่าตัวตาย 8 คำถาม (8Q)

ลำดับ คำถาม	ระยะเวลา	คำถาม	ไม่มี	มี
1.		คิดอยากตาย หรือ คิดว่าตายไปจะดีกว่า	0	1
2.		อยากทำร้ายตัวเอง หรือ ทำให้ตัวเองบาดเจ็บ	0	2
3.	ในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา รวมวันนี้	คิดเกี่ยวกับการฆ่าตัวตาย	0	6
		(ถ้าตอบว่าคิดเกี่ยวกับการฆ่าตัวตายให้ถามต่อ)...ท่านสามารถควบคุมความอยากฆ่าตัวตายที่ท่านคิดอยู่นั้นได้หรือไม่หรือบอกได้ไหมว่าคุณจะไม่ทำตามความคิดนั้นในขณะนี้	ได้ 0	ไม่ได้ 8
4.		มีแผนการที่จะฆ่าตัวตาย	0	8
5.		ได้เตรียมการที่จะทำร้ายตนเองหรือเตรียมการจะฆ่าตัวตายโดยตั้งใจว่าจะให้ตายจริงๆ	0	9
6.		ได้ทำให้ตนเองบาดเจ็บแต่ไม่ตั้งใจที่จะทำให้เสียชีวิต	0	4
7.		ได้พยายามฆ่าตัวตายโดยคาดหวัง/ตั้งใจที่จะให้ตาย	0	10
8.	ตลอดชีวิตที่ผ่านมา	ท่านเคยพยายามฆ่าตัวตาย	0	4
<b>คะแนนรวมทั้งหมด</b>				

คะแนนรวม	การแปลผล
0	ไม่มีแนวโน้มฆ่าตัวตายในปัจจุบัน
1-8	มีแนวโน้มที่จะฆ่าตัวตายในปัจจุบัน ระดับน้อย
9-16	มีแนวโน้มที่จะฆ่าตัวตายในปัจจุบัน ระดับปานกลาง
≥ 17	มีแนวโน้มที่จะฆ่าตัวตายในปัจจุบัน ระดับรุนแรง

ถ้าคะแนน 8Q ≥ 17 ส่งต่อโรงพยาบาลมีจิตแพทย์ด่วน

ที่มา : กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข, 2558



**ภาคผนวก ก**  
แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบการศึกษาที่ 1

รหัสผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....วันที่ประเมิน.....

**1. ข้อมูลทางสรีรวิทยา (ก่อนการทดสอบ-นั่งพักเป็นเวลา 5 นาที)**

รายการ	ก่อนการทดลอง (Pre-test)	ระหว่างการออก กำลังกาย	หลังการทดลอง (Post-test)
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/ นาที)			
ความดันโลหิตขณะพัก (มม.ปรอท)			
<b>องค์ประกอบของร่างกาย</b>			
น้ำหนักตัว (กก.)			
ส่วนสูง (ซม.)			
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )			
เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (%BF)			
มวลไขมัน (FM) (กก.)			
มวลน้ำหนักตัวไม่รวมไขมัน (FFM) (กก.)			
มวลกล้ามเนื้อ (MM) (กก.)			
<b>แลคเตทในเลือด</b>			
ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (มิลลิโมลต่อลิตร)			

**การทดสอบด้วยการเดิน 6 นาที (6 Minute walk test; 6MWT)**

**ก่อนทดลอง**

ตัวแปร	Pre	Warm	walk 1 min	walk 2 min	walk 3 min	walk 4 min	walk 5 min	walk 6 min	Cool down	Post 1 min	Post 3 min	Post 5 min
HR												
BP												
RPE												
RR												

รวมระยะทางที่เดินได้.....เมตร

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและหายใจ (VO<sub>2</sub>max)..... (ml/kg/min)

**หลังทดลอง**

ตัวแปร	Pre	Warm	walk 1 min	walk 2 min	walk 3 min	walk 4 min	walk 5 min	walk 6 min	Cool down	Post 1 min	Post 3 min	Post 5 min
HR												
BP												
RPE												
RR												

รวมระยะทางที่เดินได้.....เมตร

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและหายใจ ( $VO_2max$ )..... (ml/kg/min)

## 2. ข้อมูลด้านการใช้พลังงาน

การใช้พลังงานรวมทั้งหมด.....Kcal

## 3. ข้อมูลด้านการทำงานของหลอดเลือด

### ก่อนทดลอง

baPWV : ด้านขวา..... ซม./วินาที ด้านซ้าย..... ซม./วินาที

รหัส.....  FMD

รหัส.....  IMT.....

	Baseline	Occlusion 0-5 min	Deflated 5-6 min	After deflated		
				7	8	9
เริ่มบันทึก						
VDO1						
VDO2						
PW1						
PW2						
ภาพนิ่ง						

ข้อสังเกต

.....

.....

.....

### หลังทดลอง

baPWV : ด้านขวา..... ซม./วินาที ด้านซ้าย..... ซม./วินาที

รหัส.....  FMD

รหัส.....  IMT.....

	Baseline	Occlusion 0-5 min	Deflated 5-6 min	After deflated		
				7	8	9
เริ่มบันทึก						
VDO1						
VDO2						
PW1						
PW2						
ภาพนิ่ง						

ข้อสังเกต

.....

.....

.....

## แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบการศึกษาที่ 2

รหัสผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....วันที่ประเมิน.....

### 1. ข้อมูลทางสรีรวิทยา (ก่อนการทดสอบ-นั่งพักเป็นเวลา 5 นาที)

รายการ	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)		
ความดันโลหิตขณะพัก (มม.ปรอท)		
องค์ประกอบของร่างกาย		
น้ำหนักตัว (กก.)		
ส่วนสูง (ซม.)		
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )		
เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (%BF)		
มวลไขมัน (FM) (กก.)		
มวลน้ำหนักตัวไม่รวมไขมัน (FFM) (กก.)		
มวลกล้ามเนื้อ (MM) (กก.)		
มวลกระดูก (BM) (กก.)		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD)		
ไขมันในช่องท้อง (Visceral fat)		
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณท้อง (Subcutaneous abdominal fat)		
สัดส่วนรอบเอว-สะโพก		

### 2. ข้อมูลด้านการใช้พลังงาน

การใช้พลังงานขณะพัก (Resting metabolic rate)

ข้อมูลก่อนเริ่มทดสอบ (หลังจากนั่งพัก 5 นาที ก่อนทดสอบ)

รายการ	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ความดันโลหิต (มม.ปรอท)		
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)		
ระดับความเหนื่อย (RPE)		



ข้อมูลขณะทดสอบ (นอนนิ่งๆ 30 นาที)

อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้ง/นาที) ทุกๆ 5 นาที

เวลา	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที
ก่อนการทดลอง						
หลังการทดลอง						

Start time : ก่อนทดลอง .....

หลังทดลอง.....

Steady state : ก่อนการทดลอง

1. .... 2. ....

3. .... 4. ....

หลังการทดลอง

1. .... 2. ....

3. .... 4. ....

Energy : ก่อนการทดลอง.....kcal

หลังการทดลอง.....kcal

**การเผาผลาญไขมัน (Fat oxidation)**

Energy : ก่อนการทดลอง.....kcal

หลังการทดลอง.....kcal

**การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate oxidation)**

Energy : ก่อนการทดลอง.....kcal

หลังการทดลอง.....kcal

### 3. ข้อมูลด้านการทำงานของหลอดเลือด

**ก่อนการทดลอง**

baPWW : ด้านขวา.....ซม./วินาที ด้านซ้าย.....ซม./วินาที

รหัส.....  FMD

รหัส.....  IMT.....

	Baseline	Occlusion 0-5 min	Deflated 5-6 min	After deflated		
				7	8	9
เริ่มบันทึก						
VDO1						
VDO2						
PW1						
PW2						
ภาพนิ่ง						

ข้อสังเกต

.....

.....

.....

**หลังการทดลอง**

baPWV : ด้านขวา..... ซม./วินาที ด้านซ้าย..... ซม./วินาที

รหัส.....  FMD

รหัส.....  IMT.....

	Baseline	Occlusion 0-5 min	Deflated 5-6 min	After deflated		
				7	8	9
เริ่มบันทึก						
VDO1						
VDO2						
PW1						
PW2						
ภาพนิ่ง						

ข้อสังเกต

.....

.....

.....

#### 4. ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย

การทดสอบด้วยการเดิน 6 นาที (6 Minute walk test; 6MWT)

##### ก่อนการทดลอง

ตัวแปร	Pre	Warm	walk 1 min	walk 2 min	walk 3 min	walk 4 min	walk 5 min	walk 6 min	Cool down	Post 1 min	Post 3 min	Post 5 min
HR												
BP												
RPE												
RR												

รวมระยะทางที่เดินได้.....เมตร

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและหายใจ ( $VO_2max$ )..... (ml/kg/min)

หมายเหตุ

.....  
 .....

##### หลังการทดลอง

ตัวแปร	Pre	Warm	walk 1 min	walk 2 min	walk 3 min	walk 4 min	walk 5 min	walk 6 min	Cool down	Post 1 min	Post 3 min	Post 5 min
HR												
BP												
RPE												
RR												

รวมระยะทางที่เดินได้.....เมตร

สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและหายใจ ( $VO_2max$ )..... (ml/kg/min)

หมายเหตุ

.....  
 .....

### ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

รายการ	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
กล้ามเนื้อขา		
กล้ามเนื้อแขน		

### ความอดทนของกล้ามเนื้อ

รายการ	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ลุกนั่ง (60 วินาที) (ครั้ง)		

### ความอ่อนตัว

รายการ	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
Sit-reach test (cm)		





**ภาคผนวก ก**  
แบบประเมินการกินอาหารทั่วไปใน 1 วัน

รหัสผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....วันที่ประเมิน.....

มื้อ อาหาร	รายการอาหาร และชนิด อาหาร	กลุ่มอาหาร						น้ำมัน กะทิ (ช้อน ชา)	น้ำตาล (ช้อน ชา)
		ข้าว- แป้ง (ทัพพี)	ผัก (ทัพพี)	ผลไม้ (ส่วน)	เนื้อสัตว์ (ช้อน กินข้าว)	นมและ ผลิตภัณฑ์ (แก้ว)			
ปริมาณอาหารที่บริโภคใน 1 วัน									



## ภาคผนวก รฐ

แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารกลุ่มวัยทำงาน (15 - 59 ปี)

## คำชี้แจง

แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะพฤติกรรมสุขภาพของประชาชน คนไทยวัยทำงาน ประกอบด้วย พฤติกรรมการบริโภคอาหาร ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการกระบวนกรเรียนรู้เพื่อสร้างเสริมสุขภาพให้เหมาะสมในพื้นที่ต่อไป

โปรดตอบสัมภาษณ์ทุกข้อ เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล และขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้

แบบสัมภาษณ์มี 2 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ตอนที่ 2 พฤติกรรมสุขภาพการบริโภคอาหาร

## ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน  หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. เพศ

ชาย  หญิง

2. อายุ

15-29 ปี  30-39 ปี

40-49 ปี  50-59 ปี

3. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

ไม่มี  มีตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

เบาหวาน  ความดันโลหิต  มะเร็ง  หัวใจ

หลอดเลือด  ไชมันสูง  อื่น.....



## ตอนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคอาหาร

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน  หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

### 1. พฤติกรรมการกินผักของท่านในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา

คำอธิบาย : ผักสด 1 ทัพพี 80 กรัม หรือประมาณ ครึ่งถ้วยตวง

กินผักวันละ 4-6 ทัพพีคิดเป็น มื้อละ 2 ทัพพี (ทัพพีตักข้าว)

#### 1.1 ใน 1 สัปดาห์ท่านกินผักสดหรือผักปรุงสุก หรือไม่

ไม่กิน (ข้ามไปตอบข้อ 2)  กิน (ตอบข้อ 1.2 ถึง 1.3)

#### 1.2 ใน 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา ท่านกินผักบ่อยครั้งเพียงใด

1 วัน  2 วัน  3 วัน  4 วัน

5 วัน  6 วัน  7 วัน

#### 1.3 ในแต่ละวัน ท่านกินผัก ในปริมาณมากน้อยเพียงใด

1-3 ทัพพีตักข้าว  4-6 ทัพพีตักข้าว  มากกว่า 7 ทัพพีตักข้าว ขึ้นไป

### 2. พฤติกรรมการกินผลไม้ของท่านในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา

คำอธิบาย : ผลไม้ 1 ส่วน = ผลไม้หั่นเป็นชิ้นคำ เช่น มะละกอ/สับปะรด 6-8 ชิ้นคำ ฝรั่ง ½ ผล

มะม่วงดิบ/สุก ½ ผล กล้วยน้ำว้า 1 ผล กล้วยหอม 2/3 ผล ส้มขนาดกลาง 2 ผล เงาะ 4 ผล

#### 2.1 ใน 1 สัปดาห์ท่านกินผลไม้ หรือไม่

ไม่กิน (ข้ามไปตอบข้อ 3)  กิน (ตอบข้อ 2.2 ถึง 2.3)

#### 2.2 ในแต่ละวัน ท่านกินผลไม้ จำนวนกี่ชิ้นคำ

น้อยกว่า 18 ชิ้นคำ  18-40 ชิ้นคำ  มากกว่า 40 ชิ้นคำขึ้นไป

#### 2.3 ใน 1 สัปดาห์ท่านกินผลไม้ บ่อยครั้งเพียงใด

1 วันต่อสัปดาห์  2-4 วันต่อสัปดาห์  5-6 วันต่อสัปดาห์  ทุกวัน

### 3. พฤติกรรมการกินอาหารหวานของท่านในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาโดยเฉลี่ย

3.1 ท่านดื่มเครื่องดื่มที่มีน้ำตาล เช่น น้ำอัดลม น้ำหวาน ชาเขียวสำเร็จรูป น้ำสมุนไพร ชานม

กาแฟ หรืออื่นๆ หรือไม่

ไม่ดื่ม  ดื่ม

ถ้าดื่ม ท่านดื่มบ่อยแค่ไหน

1 วันต่อสัปดาห์  2-3 วันต่อสัปดาห์ (เริ่มเสียง)

4-5 วันต่อสัปดาห์ (เสียง)  6-7 วันต่อสัปดาห์ (เสียงมาก)

3.2 ท่านกิน ขนมหวาน เช่น ทองหยิบ ฝอยทอง ขนมหม้อแกง ขนมเค้ก คุกกี้แพนเค้กขนมปังทา

แยม ช็อคโกแลต ลอดช่องน้ำกะทิบัวลอยไข่หวาน หรืออื่นๆ หรือไม่

ไม่กิน  กิน

ถ้ากิน ท่านกินบ่อยแค่ไหน

- 1 วันต่อสัปดาห์       2-3 วันต่อสัปดาห์ (เริ่มเสี่ยง)  
 4-5 (เสี่ยง)       6-7 วันต่อสัปดาห์ (เสี่ยงมาก)

3.3 ในการกินอาหารประเภท ก๋วยเตี๋ยวผัดไท ราดหน้า ก๋วยจั๊บน้ำร้อน ก๋วยจั๊บน้ำเย็น บะหมี่ ก๋วยเตี๋ยว ท่านเติมน้ำตาลแค่ไหน

- ไม่เติม       เติมทุกครั้ง       เติมบ้างไม่เติมบ้าง

ถ้าเติม เติมแค่ไหน (1 ช้อนกินข้าว ประมาณ 3 ช้อนชา)

- 1 ช้อนชาต่อครั้ง       2-4 ช้อนชาต่อครั้ง  
 5-6 ช้อนชาต่อครั้ง       มากกว่า 6 ช้อนชาต่อครั้ง

4. พฤติกรรมการกินอาหารมันของท่านในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาโดยเฉลี่ย

4.1 ท่านกินอาหารจานด่วน เช่น ข้าวมันไก่ ข้าวขาหมู พิซซ่า ผัดหมี่ กะโรนี ข้าวผัดต่าง ๆ เช่น ข้าวผัดกะเพรา ข้าวผัดทะเล ข้าวผัดไข่ หรืออื่นๆ หรือไม่

- ไม่กิน       กิน

ถ้ากิน ท่านกินบ่อยแค่ไหน

- 1 วันต่อสัปดาห์       2-4 วันต่อสัปดาห์  
 5-6 วันต่อสัปดาห์       ทุกวัน

4.2 ท่านกินอาหารทอด เช่น กุ้งทอด ปาท่องโก๋ ไข่ทอด หมูทอด หนั๋งทอด แคปหมู ลูกชิ้นทอดมันฝรั่งทอด หรืออื่นๆ หรือไม่

- ไม่กิน       กิน

ถ้ากิน ท่านกินบ่อยแค่ไหน

- 1 วันต่อสัปดาห์       2-4 วันต่อสัปดาห์       5-6 วันต่อสัปดาห์       ทุกวัน

4.3 ท่านกินเนื้อสัตว์ที่ติดมัน เช่น หมูสามชั้น เนื้อวัวติดมัน เครื่องในสัตว์ หนั๋งทอด คอหมูย่าง หรืออื่น ๆ หรือไม่

- ไม่กิน       กิน

ถ้ากิน ท่านกินบ่อยแค่ไหน

- 1 วันต่อสัปดาห์       2-4 วันต่อสัปดาห์  
 5-6 วันต่อสัปดาห์       ทุกวัน

5. พฤติกรรมการกินอาหารเค็มของท่านในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาโดยเฉลี่ย

5.1 ในการกินอาหารประเภท ก๋วยเตี๋ยวน้ำ ก๋วยเตี๋ยวผัดไท ก๋วยเตี๋ยวดำรง ก๋วยจั๊บน้ำร้อน ก๋วยจั๊บน้ำเย็น บะหมี่ ก๋วยเตี๋ยว ข้าวราดแกง ท่านเติมเครื่องปรุงรส เช่น น้ำปลา บ่อยแค่ไหน

- ไม่เติม       เติมทุกครั้ง       เติมบ้างไม่เติมบ้าง

ถ้าเติม เติมแค่ไหน (1ช้อนกินข้าวประมาณ 3 ช้อนชา)

- 1 ช้อนชาต่อครั้ง     2-4 ช้อนชาต่อครั้ง  
 5-6 ช้อนชาต่อครั้ง     มากกว่า 6 ช้อนชาต่อครั้ง

5.2 ท่านกินอาหารสำเร็จรูป และกึ่งสำเร็จรูป การถนอมอาหารด้วยการแปรรูป เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โจ๊กซอง อาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง ไส้กรอก ข้าวต้มสำเร็จรูป ผักดอง ผลไม้ดอง ปลาเค็ม ปลา ร้า น้ำบูดู น้ำพูนเชียง เป็นต้น

- ไม่กิน     กิน

ถ้ากิน ท่านกินบ่อยแค่ไหน

- 1 วันต่อสัปดาห์     2-4 วันต่อสัปดาห์     5-6 วันต่อสัปดาห์     ทุกวัน

5.3 ท่านกินขนมกรุบกรอบบรรจุซอง หรือถุง เช่น สาทหร่าย ข้าวเกรียบ มันฝรั่ง ขนมปังกรอบ กลัวยอบกรอบ กรอบเค็ม ครองแครงกรอบ เกี้ยวกรอบ หรืออื่นๆ หรือไม่

- ไม่กิน     กิน

ถ้ากิน ท่านกินบ่อยแค่ไหน

- 1 วันต่อสัปดาห์     2-4 วันต่อสัปดาห์     5-6 วันต่อสัปดาห์     ทุกวัน

6. พฤติกรรมการกินอาหารปลอดภัย ปลอดภัย ในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมาโดยเฉลี่ย

6.1 ท่านล้างผักและผลไม้ก่อนปรุงและกินหรือไม่

- ไม่ล้าง     ล้าง

6.2 ท่านใช้ภาชนะบรรจุอาหารที่ถูกสุขลักษณะ เช่น วัสดุบรรจุอาหารจากธรรมชาติบ่อยแค่ไหน (ใบตอง ใบบัว กล่องมันสำปะหลัง)

- ใช้ทุกครั้ง     ใช้บางครั้ง     ไม่เคยใช้เลย

6.3 ท่านกินอาหารที่ปรุงสุกใหม่ๆเช่น ต้มจืดแกงกะทิลาบ ยำ ผัดต่างๆ เป็นต้น บ่อยแค่ไหน

- ทุกครั้ง     บางครั้ง     ไม่กินเลย

ที่มา : กองสุขศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2558




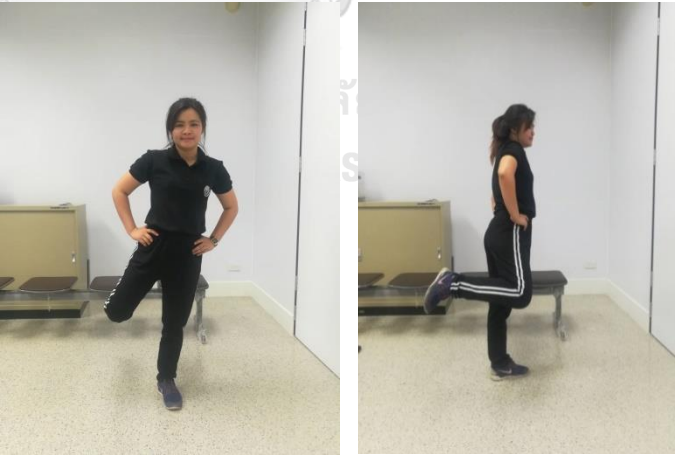
ภาคผนวก ๓

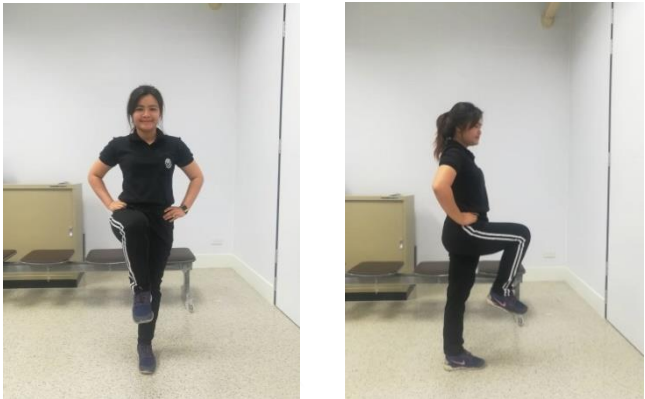


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY




## ภาคผนวก ๗



โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่มีความหนักสูงสำหรับผู้ป่วย  
โรคอ้วนรุนแรงหลังการผ่าตัดกระเพาะอาหาร

1. ช่วงการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที เป็นการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ระดับความหนัก 40-55%HRR  
มีทำดังนี้

ท่าอบอุ่นร่างกาย	ระยะเวลา	รูปท่าอบอุ่นร่างกาย
ท่ามาซิ่ง (Marching)	1 นาที	
ท่าเลคเคิล (Leg curl)	1 นาที	



ท่าอบอุ่นร่างกาย	ระยะเวลา	รูปท่าอบอุ่นร่างกาย
ท่าฮายนี่ (High knee)	1 นาที	
ท่าไขว้เดอร์โลเทชั่น ร่วมกับไซด์แทป (Shoulder rotation + Side tap)	1 นาที	
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	




ท่าอบอุ่นร่างกาย	ระยะเวลา	รูปท่าอบอุ่นร่างกาย
ยืดเหยียดต้นแขน ด้านหน้า	ยืดค้าง ไว้ 15 วินาที	
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ไหล่	ยืดค้าง ไว้ 15 วินาที	
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ สะโพกและหลัง ด้านล่าง	ยืดค้าง ไว้ 15 วินาที	

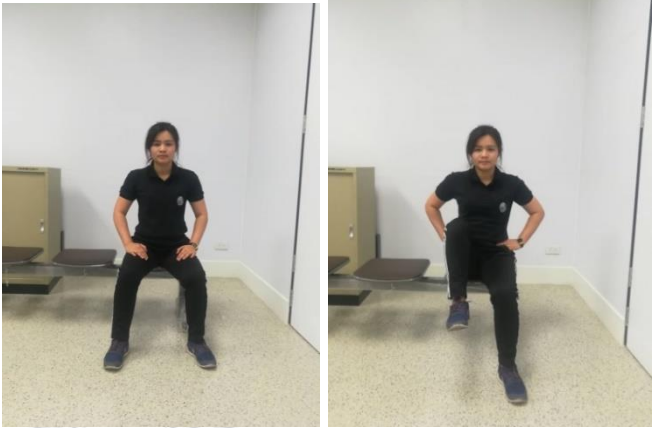


ท่าอบอุ่นร่างกาย	ระยะเวลา	รูปท่าอบอุ่นร่างกาย
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	






2. ช่วงการออกกำลังกาย  
 ระยะที่ 1 ช่วง 1-6 สัปดาห์

<p>รอบที่ 1</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>: ทำเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl +Chest press)</p> 
	<p>ช่วงความหนักเบา</p>	<p>: ทำซิตเทต เลคเอ็กซ์เทนชัน (Seated leg extension) 3 เซต          เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 


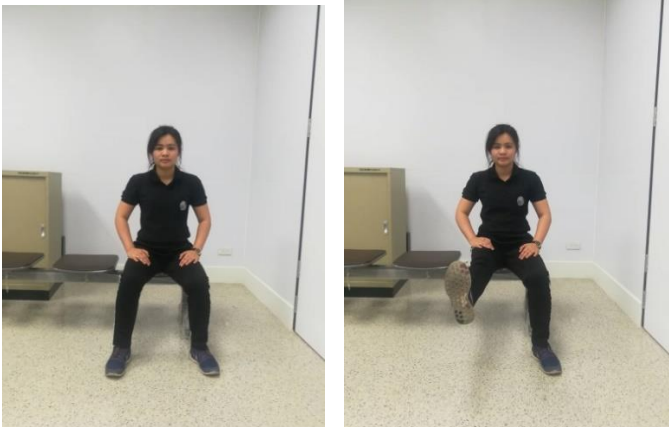
<p>รอบที่ 2</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>: ทำสายนี้อารมณ์ร่วมกับท่าไฮวเดอ์เพรส (High knee +Shoulder press)</p> 
	<p>ช่วงความหนักเบา</p>	<p>: ทำไบเซ็ปส์เคิล (Biceps curl) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 
<p>รอบที่ 3</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>ท่าเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)</p> 

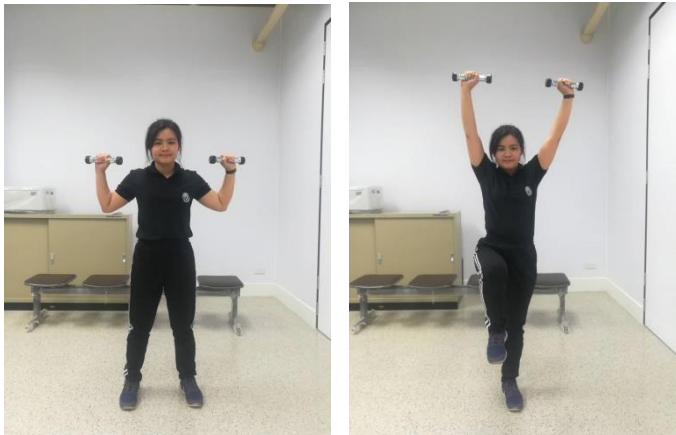


	ช่วงความหนักเบา	<p>: ทำซิงเกิ้ล นี้อัพ (Single knee up) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 
รอบที่ 4	ช่วงความหนักสูง	<p>: ทำเลคเคิลร่วมกับทำเชสเพรส (Leg curl +Chest press)</p> 
	ช่วงความหนักเบา	<p>: ออกกำลังกายด้วยท่าโอเวอร์เฮด ไตรเซ็ปส์ เอ็กซ์เทนชัน (Overhead triceps extension) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 

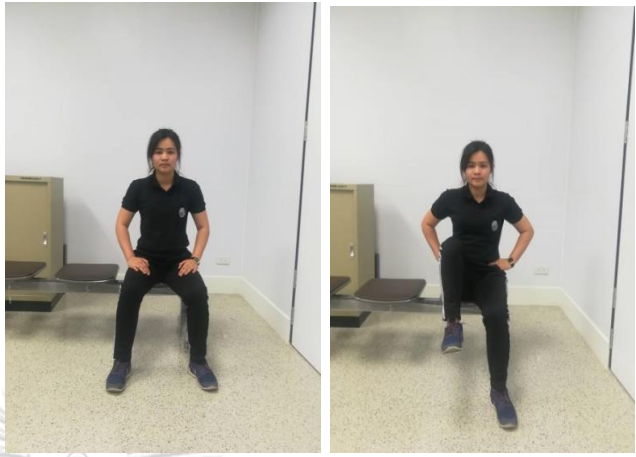

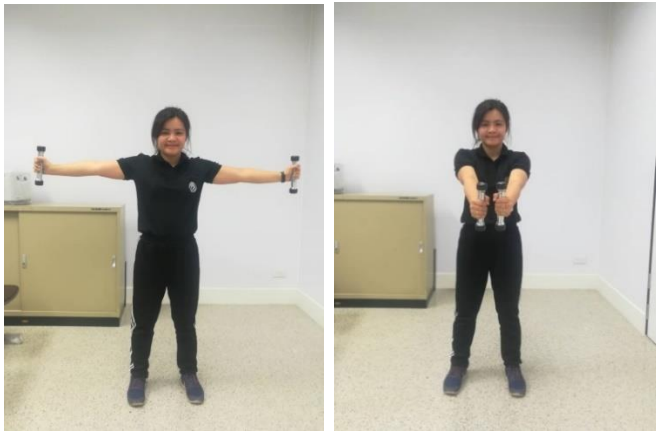
<p>รอบที่ 5</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>: ทำฮายนีสร่วมกับท่าโชนเดอร์เพรส (High knee +Shoulder press)</p> 
	<p>ช่วงความหนักเบา</p>	<p>: ทำวันเลค คิคแบ็ค (One leg kickback) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 
<p>รอบที่ 6</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>: ทำเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)</p> 



	ช่วงความหนักเบา	<p>: ทำซิตเทต โรว (Seated row) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พัก ระหว่างเซต 30 วินาที</p> 
--	-----------------	---

ระยะที่ 2 ช่วง 7-12 สัปดาห์




รอบที่ 1	ช่วงความหนักสูง	<p>: ทำเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl + Chest press)</p> 
	ช่วงความหนักเบา	<p>: ออกกำลังกายด้วยท่าซิตเทต เลคเอ็กซ์เทนชัน (Seated leg extension) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 

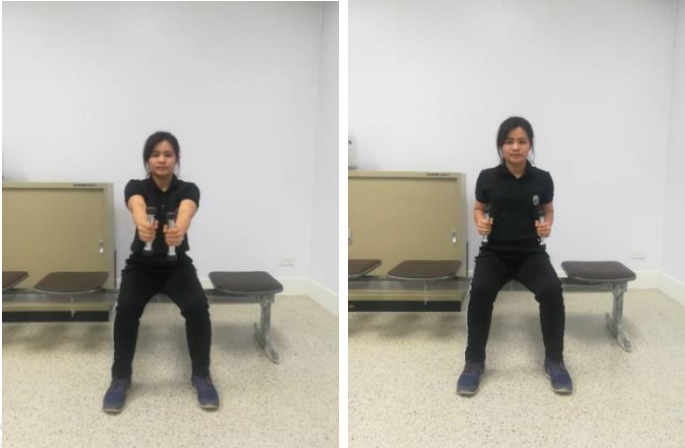


<p>รอบที่ 2</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>: ทำไฮยีนีร่วมกับท่าไหล่เดอร์เพรส (High knee +Shoulder press)</p> 
	<p>ช่วงความหนักเบา</p>	<p>: ทำไบเซ็ปส์เคิล (Biceps curl) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 
<p>รอบที่ 3</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>ท่าเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)</p> 

	ช่วงความหนักเบา	<p>: ทำซิงเกิ้ล นี้อัพ (Single knee up) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที ` `</p> 
รอบที่ 4	ช่วงความหนักสูง	<p>: ทำฮายนี ร่วมกับ แสตนโรว (High knee+Stand row)</p> 
	ช่วงความหนักเบา	<p>: ออกกำลังกายด้วยท่าฟลาย (Fly) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 

<p>รอบที่ 5</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>: ทำเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl +Chest press)</p> 
	<p>ช่วงความหนักเบา</p>	<p>: ออกกำลังกายด้วยท่าโอเวอร์เฮดไตรเซ็ปส์เอ็กซ์เทนชัน (Overhead triceps extension) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 







<p>รอบที่ 6</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>: ทำอายนี้ร่วมกับท่าโชวเดอร์เพรส (High knee +Shoulder press)</p> 
	<p>ช่วงความหนักเบา</p>	<p>: ทำวันเลค คิคแบ็ค (One leg kickback) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 
<p>รอบที่ 7</p>	<p>ช่วงความหนักสูง</p>	<p>: ทำเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)</p> 


	ช่วงความหนักเบา	<p>: ทำซิตเทต โรว (Seated row) 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 
รอบที่ 8	ช่วงความหนักสูง	<p>: ทำฮายนี่ ร่วมกับ แสตนโรว (High knee+Stand row)</p> 
	ช่วงความหนักเบา	<p>: ออกกำลังก้างด้วยท่านีเคิล (Knee curl) เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที</p> 

3. ช่วงคลายอุ้งร่างกาย แต่ละท่าทำค้างไว้ 30 วินาที ทำ 2 รอบ ประกอบด้วยท่าดังนี้

ท่าคลายอุ้งร่างกาย	รูปท่าคลายอุ้งร่างกาย
<p>1. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน</p>	
<p>2. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า</p>	
<p>3. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง</p>	

ท่าคลายอุ้งร่างกาย	รูปท่าคลายอุ้งร่างกาย
4. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังส่วนบน	
5. ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออก	
6. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่	

ท่าคลายอุ้งร่างกาย	รูปท่าคลายอุ้งร่างกาย
7. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัว	
8. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา	
9. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง	

ท่าคลายอุ้งร่างกาย	รูปท่าคลายอุ้งร่างกาย
10. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลัง ด้านล่าง	





## ภาคผนวก ฅ

แบบประเมินความสนุกสนานจากการออกกำลังกาย

คำชี้แจงให้  ระดับความสนุกสนานจากการออกกำลังกายคำถาม “คุณสนุกกับโปรแกรมฟิตออกกำลังกายมากน้อยแค่ไหน”

ระดับความสนุกสนานจากการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

ระดับความสนุกสนานจากการฟิตออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## เกณฑ์การประเมิน

- 1 คะแนน = ไม่สนุกเลย
- 2 คะแนน = สนุกเล็กน้อย
- 3 คะแนน = สนุกปานกลาง
- 4 คะแนน = สนุกมาก
- 5 คะแนน = สนุกมากที่สุด

ดัดแปลงจากแบบประเมินความสนุกสนานของโรเจอร์และคณะ (Rogers L. Q., 2011)





## ภาคผนวก ณ

## รายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	มาตรฐานความปลอดภัยที่ได้รับ
 <p>เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก (Blood pressure monitors) ยี่ห้อ จีอี ไดนามาเป (GE Dinamap) รุ่น แครสเคบ วี 100 มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท</p>	 <p>ได้รับมาตรฐาน Conformite Europeene; CE มีคุณสมบัติถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนดด้าน สุขภาพ ความปลอดภัย และการคุ้มครอง สิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของสหภาพยุโรป</p>
 <p>เครื่อง Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) ใช้รังสีเอกซ์พลังงานต่ำ 2 พลังงานในการตรวจ ผู้รับการตรวจจะได้รับปริมาณรังสีน้อย เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง</p>	 <p>ได้รับมาตรฐาน Conformite Europeene; CE มีคุณสมบัติถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนดด้าน สุขภาพ ความปลอดภัย และการคุ้มครอง สิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของสหภาพยุโรป</p>

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	มาตรฐานความปลอดภัยที่ได้รับ
 <p>เครื่องอัลตราซาวด์หลอดเลือด (Ultrasound system) ยี่ห้อฟิลลิป (Philips) รุ่น EPIQ 5 Purewave ประเทศสหรัฐอเมริกา</p>	 <p>ได้รับมาตรฐาน Conformite Europeene; CE มีคุณสมบัติถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนดด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของสหภาพยุโรป</p>
 <p>เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (Non-invasive vascular screening device) ยี่ห้อ Omron รุ่นคอลลิน วีพี 1000 พลัส ประเทศญี่ปุ่น</p>	 <p>ได้รับมาตรฐาน Conformite Europeene; CE มีคุณสมบัติถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนดด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของสหภาพยุโรป</p>

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	มาตรฐานความปลอดภัยที่ได้รับ
 <p>เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Breath by breath cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม็กซ์ (Vmax) รุ่นเอนเคอร์ 29 (Encore 29) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Stationary gas analyzer: Vmax Encore 29 system, Yorba Linda, CA, USA)</p>	 <p>ได้รับมาตรฐาน Conformite Europeene; CE มีคุณสมบัติถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนดด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของสหภาพยุโรป</p>
 <p>จักรยาน (Bicycle) ยี่ห้อโมนาร์ก (Monark) รุ่น RC6 มีพนักพิง</p>	 <p>ได้รับมาตรฐาน Conformite Europeene; CE มีคุณสมบัติถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนดด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของสหภาพยุโรป</p>

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	มาตรฐานความปลอดภัยที่ได้รับ
 <p>เครื่องวัดความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Isokinetic dynamometer) ยี่ห้อไบโอเด็กซ์ มัลติจอยท์ ซิสเต็ม โปร (BIODEX MUTI-JOINT SYSTEM-PRO)</p>	 <p>ได้รับมาตรฐาน Conformite Europeene; CE มีคุณสมบัติถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนดด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของสหภาพยุโรป</p>
 <p>เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจ นาฬิกายี่ห้อ โพล่า (Polar) รุ่นเอช 10 ประเทศสหรัฐอเมริกา (Polar® H10, USA)</p>	 <p>ได้รับมาตรฐาน Conformite Europeene; CE มีคุณสมบัติถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนดด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ตามกฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของสหภาพยุโรป</p>
 <p>กล่องวัดความยืดหยุ่นร่างกาย (Sit and reach box)</p>	<p>มีความปลอดภัยไม่ใช่อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้ในการทดสอบความยืดหยุ่นของร่างกาย</p>



ภาคผนวก ด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## ภาคผนวก ด

ใบรับรองการจบหลักสูตรการช่วยชีวิตขั้นสูงของนายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์



ในงานวิจัยนี้ นายแพทย์กฤษดา กองสวัสดิ์ มีบทบาทหน้าที่ในการร่วมสังเกตอาการผู้มีภาวะ  
 อ้วนรุนแรงในช่วงทำการทดสอบเดิน 6 นาที การทดสอบการออกกำลังกาย และคอยให้คำปรึกษาใน  
 การป้องกันอันตรายให้กับผู้ป่วยมากที่สุด รวมถึงการให้ความช่วยเหลือหากเกิดเหตุฉุกเฉินในขณะทำ  
 การทดสอบ และออกกำลังกาย

SRISALONGKORN UNIVERSITY











<p><u>รอบที่ 6</u></p> <p>ช่วงความหนักสูง : ท่าเลคเคิล ร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)</p> <p>ช่วงความหนักเบา : ท่าชิตเทต โรว (seated row)</p>	1	1	1	1	1	1	✓	
<p><b>ความหนัก (Intensity) :</b> ออก กำลังกายแบบสลับช่วง ประกอบด้วย ออกกำลังกายช่วง ความหนักสูง (High intensity) ที่ 75-85% HRR สลับกับช่วง ความหนักเบา (Low intensity) ที่ 45-55 %HRR 1 รอบ (มีการ ใช้ดัมเบล (Dumbbell) และ เครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome) เพื่อควบคุม จังหวะการเต้นของหัวใจให้ เป็นไปตามความหนักของการ ออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความ</p>	1	1	1	1	1	1	✓	
<p>หนักสูงที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละ รายบุคคล</p>								
<p><b>ระยะเวลาการออกกำลังกาย (Duration) :</b></p> <p>- ออกกำลังกายแบบสลับช่วง อัตราส่วน 1:4 ประกอบด้วย ออก กำลังกายช่วงความหนักสูง (High intensity) 1 นาทีสลับ กับช่วงความหนักเบา (Low intensity) ที่ 4 นาที ทำทั้งหมด 6 รอบ รวมทั้งหมด 30 นาทีต่อ วัน</p>	1	1	1	1	1	1	✓	



<u>รอบที่ 3</u> ช่วงความหนักสูง : ทำเลคเคิล ร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise) ช่วงความหนักเบา : ทำโอเวอร์ เฮดไตรเซ็ปส์เอ็กซ์เทนชัน (Overhead triceps extension)	1	1	1	1	1	1	✓	
<u>รอบที่ 4</u> ช่วงความหนักสูง : ทำฮายนี่ ร่วมกับ แสตนโรว (High knee+Stand row) ช่วงความหนักเบา : ทำฟลาย (Fly)	1	1	1	1	1	1	✓	
<u>รอบที่ 5</u> ช่วงความหนักสูง : ทำเลคเคิล ร่วมกับทำเซสเพรส (Leg curl +Chest press) ช่วงความหนักเบา : ทำไบเซ็ปส์ เคิล (Biceps curl)	1	1	1	1	1	1	✓	
<u>รอบที่ 6</u> ช่วงความหนักสูง : ทำฮายนี่ ร่วมกับทำไฮเดอร์เพรส (High knee +Shoulder press) ช่วงความหนักเบา : ทำวันเลค คิคแบ็ค (One leg kickback)	1	1	1	1	1	1	✓	
<u>รอบที่ 7</u> ช่วงความหนักสูง : ทำเลคเคิล ร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise) ช่วงความหนักเบา : ทำชิตเทต	1	1	1	1	1	1	✓	

	โรว (seated row)								
	<b>รอบที่ 8</b> ช่วงความหนักสูง : ท่าฮายนี่ ร่วมกับ แสตนโรว (High knee+Stand row) ช่วงความหนักเบา : ท่านี้เคิล (Knee curl)	1	1	1	1	1	1	✓	
	ช่วงความหนักเบา : ท่านี้เคิล (Knee curl)	1	1	1	1	1	1	✓	
	<b>ความหนัก (Intensity) :</b> ออก กำลังกายแบบสลับช่วง ประกอบด้วยออกกำลังกายช่วง ความหนักสูง (High intensity) ที่ 75-85 HRR สลับกับช่วง ความหนักเบา (Low intensity) ที่ 45-55 %HRR ต่อ 1 รอบ (มี การใช้ดัมเบล (Dumbbell) และ เครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome) เพื่อควบคุม จังหวะการเต้นของหัวใจให้ เป็นไปตามความหนักของการ ออกกำลังกายสลับช่วงที่มีความ หนักสูงที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละ รายบุคคล)	1	1	1	1	1	1	✓	
	<b>ระยะเวลาการออกกำลังกาย (Duration) :</b> - ออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มี ความหนักสูงอัตราส่วน 1:4	1	1	1	1	1	1	✓	
	ประกอบด้วย ออกกำลังกายช่วง ความหนักสูง (High intensity) 1 นาทีสลับกับช่วงความหนัก เบา (Low intensity) ที่ 4 นาที								

<p>ทำทั้งหมด 8 รอบ รวมทั้งหมด 40 นาทีต่อวัน</p> <p>- การออกกำลังกายด้วยแรงต้าน ในช่วงความหนักเบา แต่ละท่า ทำ 3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พัก ระหว่างเซต 30 วินาที</p>	1	1	1	1	1	1	✓		
<p><b>ค่าเฉลี่ยรวมขั้นตอนที่ 2</b> ช่วงออกกำลังกาย (Work out) : ช่วงที่ 2 (กา ผึกออกกำลังกายสัปดาห์ที่ 7-12)</p>							1	✓	
<p><b>ขั้นตอนที่ 3</b> ช่วงคลายอุ่นร่างกาย Cool-down)</p>									
<p><b>รูปแบบ (Type) :</b> เป็นการ คลายอุ่นร่างกายด้วยการยืด เหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและ หลังส่วนบน</li> <li>2. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขน ด้านหน้า</li> <li>3. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขน ด้านหลัง</li> <li>4. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่</li> <li>5. ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออก</li> <li>6. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลัง ด้านบน</li> <li>7. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัว</li> <li>8. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก และหลังส่วนล่าง</li> <li>9. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา</li> <li>10. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขา ด้านหลังส่วนต้นและน่อง</li> </ol>	1	1	1	1	1	1	✓		
<p><b>ความหนัก (Intensity) :</b> ให้ เท่ากับหรือต่ำกว่า 40%HRR</p>	1	1	1	1	1	1	✓		



	ภายใน 15 นาที								
	<b>ระยะเวลาการคลายอุ่นร่างกาย (Duration) :</b> - ระยะเวลาคลายอุ่นร่างกาย รวม 15 นาที - ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทำ ค้าง 30 วินาที ทำ 2 ครั้งต่อท่า	1	1	1	1	1	1	✓	
		1	1	1	1	1	1	✓	
	<b>ค่าเฉลี่ยรวมขั้นตอนที่ 3 ช่วงคลายอุ่นร่างกาย Cool-down)</b>						1	✓	
2.	ระยะเวลาในการออกกำลังกาย ด้วยโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วง ประกอบน้ำหนักที่มีความหนักสูง สัปดาห์ละ 5 วัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์	1	1	1	1	1	1	✓	
3.	อุปกรณ์ที่ใช้ในการร่วมควบคุม	1	1	1	1	1	1	✓	
	อัตราการเต้นหัวใจ คือ ดัมเบล (Dumbbell) ช่วยเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัมขึ้นไปสำหรับผู้หญิง 2 กิโลกรัมขึ้นไปสำหรับผู้ชาย (ตามความเหมาะสมของแต่ละบุคคล) 2 ชิ้น และเครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome) ช่วยควบคุม จังหวะการยกแขนและขา								
4.	ภาพรวมของการกำหนดโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ น้ำหนักที่มีความหนักสูงมีความเหมาะสมกับผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรงหลังการผ่าตัดกระเพาะ	1	1	1	1	1	1	✓	

	อาหาร								
5.	โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่มีความหนักสูงนี้สามารถนำไปใช้กับผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรงหลังการผ่าตัดกระเพาะอาหารได้	1	1	1	1	1	1	✓	
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>							1	✓	



**ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม** เพื่อการปรับปรุงโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบ  
น้ำหนักที่มีความหนักสูง

1. ศาสตราจารย์ ดร. กภ. ประวิตร เจนวรณะกุล
  - ไม่มีคำแนะนำเพราะแนะนำมาแล้วเมื่อครั้งที่ 1 แล้วแก้ไขได้ตรงตามที่แนะนำไป

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง

ได้ส่งการปรับปรุงแล้วตามที่แนะนำในครั้งที่ 1  
แล้วแก้ไขได้ตรงตามที่แนะนำไป

ลงชื่อ ..... *DL* .....  
(..... ประวิตร เจนวรณะกุล .....)  
9 / กย / 62

2. นางสาว อติกานต์ เกณี
  - มีความเหมาะสมมากขึ้น หากได้ผลดีจะมีประโยชน์กับผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรงในกลุ่มอื่นๆ  
ด้วย

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง

ภาพรวมโปรแกรมนี้มีความเหมาะสมมากขึ้น หากได้ผลดีจะมีประโยชน์  
กับผู้ป่วยโรคอ้วนรุนแรงในกลุ่มอื่นๆ ด้วย

ลงชื่อ ..... *อติกานต์ เกณี* .....  
(.....)  
16 / กย / 62

## 3. แพทย์หญิง ฝน แพกุล

- มีการปรับปรุงแก้ไขท่าที่ยากและสับสนทำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติตามได้ง่ายมากขึ้น

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง

- ทบทวนการปรับปรุงแก้ไขท่าที่ยากและสับสนทำในผู้เข้าร่วมกิจกรรม  
ปรับท่าให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ลงชื่อ ..... น.ล. ฝน .....  
( น.ล. ฝน )  
29 / 01 / 62

## 4. อาจารย์ ดร. นภัศกร ชื่นศิริ

- เพิ่มท่า warm-up บริเวณแขน 1 ท่า
- ให้ปรับท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาเป็นยืนขาพาดเก้าอี้ไปด้านหลัง
- ปรับเปลี่ยนท่าช่วงความหนักเบารอบที่ 2 สลับท่ากับรอบที่ 3 และ รอบที่ 4 สลับกับรอบที่ 1

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง

ลงชื่อ ..... น.ล. นภัศกร .....  
( น.ล. นภัศกร )  
27 / 01 / 62



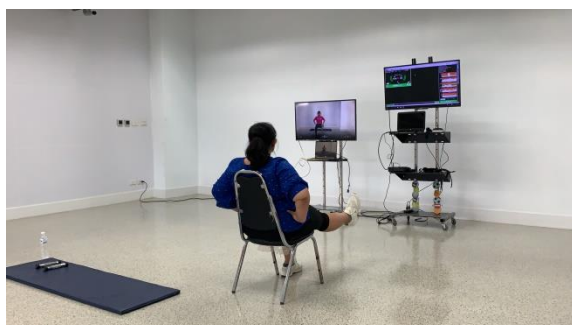


## ภาคผนวก ก

การศึกษานำร่องการสร้างโปรแกรมการออกกำลังกายสลับช่วง

คนที่ 1 อายุ 32 ปี ส่วนสูง 163 น้ำหนักตัว 110 กิโลกรัม ดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI)  $41.4 \text{ kg/m}^2$  อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก 63 bpm

รูปแสดงการทดสอบออกกำลังกายแบบสลับช่วง



### ผลการศึกษานำร่อง

โดยศึกษาอัตราการเต้นหัวใจให้เป็นไปตามโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนักที่มีความหนักสูง ซึ่งได้ทำการศึกษานำร่องในโปรแกรม ระยะที่ 1 สัปดาห์ที่ 1-6 จะมีการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกสลับช่วงประกอบน้ำหนัก 6 รอบ ผลที่ได้มีดังนี้

ช่วงการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ระดับความหนักต่ำที่ 40-45 %HRR ควรมีอัตราการเต้นหัวใจอยู่ที่ 113-119 bpm

ท่าอบอุ่นร่างกาย	ระยะเวลา	ช่วง HR
ท่ามาซซิ่ง (Marching)	1 นาที	79-100
ท่าเลคเคิล (Leg curl)	1 นาที	91-115
ท่าฮายนี่ (High knee)	1 นาที	100-131
ท่าโซวเดอริโลเทชั่นร่วมกับไซด์แทป (Shoulder rotation + Side tap)	1 นาที	112-116
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	100-110
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	105-119
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	107-118
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลังด้านล่าง	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	100-112
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	109-119
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	84-111

ช่วงการออกกำลังกาย 30 นาที

ช่วงออกกำลังกายที่ความหนักสูง ควรมีอัตราการเต้นหัวใจอยู่ที่ 75-85%HRR  $\approx$  157-169 bpm

ช่วงออกกำลังกายที่ความหนักเบา ควรมีอัตราการเต้นหัวใจอยู่ที่ 45-55%HRR  $\approx$  119-132

bpm

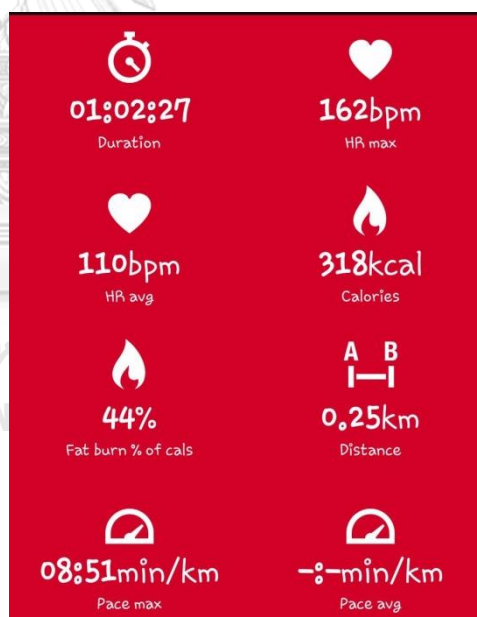
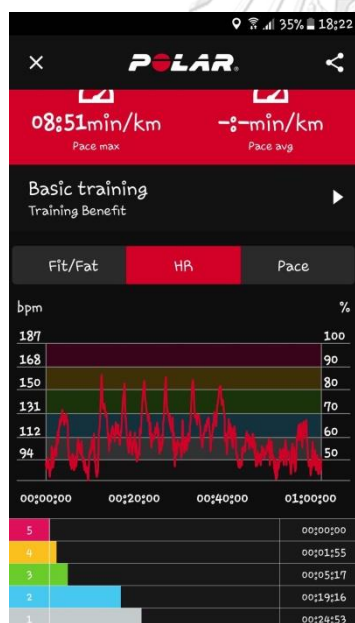
รอบ	ท่าการออกกำลังกาย	ระยะเวลา	ช่วง HR
รอบที่ 1	ช่วงความหนักสูง :ท่าเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl + Chest press)	1 นาที	94-162
	ช่วงความหนักเบา :ท่าซิตเทต เลคเอ็กซ์เทนชัน (Seated leg extension)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที	96-130
รอบที่ 2	ช่วงความหนักสูง :ท่าฮายนี่ร่วมกับท่าโซวเดอริโลเทชั่น (High knee +Shoulder press)	1 นาที	112-158
	ช่วงความหนักเบา :ท่าไบเซฟเคิล (Biceps curl)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที	94-132
รอบที่	ช่วงความหนักสูง	1 นาที	114-160



รอบ	ท่าการออกกำลังกาย	ระยะเวลา	ช่วง HR
3	:ท่าเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)		
	ช่วงความหนักเบา :ท่าซิงเกิ้ล นี้อัพ (Single knee up)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที	96-122
รอบที่ 4	ช่วงความหนักสูง :ท่าเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl +Chest press)	1 นาที	109-161
	ช่วงความหนักเบา :ท่าโอเวอร์เฮดไตรเซ็ปส์เอ็กซ์เทนชัน (Overhead triceps extension)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที	84-128
รอบที่ 5	ช่วงความหนักสูง : ท่าฮายนีร่วมกับท่าโชวเดอร์เพรส (High knee +Shoulder press)	1 นาที	112-159
	ช่วงความหนักเบา :ท่าวันเลค คิคแบ็ค (One leg kickback)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที	102-128
รอบที่ 6	ช่วงความหนักสูง :ท่าเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)	1 นาที	120-157
	ช่วงความหนักเบา :ท่าซิตเทต โรว (Seated row)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที	98-119

ช่วงคลายอ่อนร่างกาย แต่ละท่าทำค้างไว้ 30 วินาที ทำซ้ำ 2 รอบ ควรมีอัตราการเต้นหัวใจต่ำกว่า 40% HRR = ต่ำกว่า 113 bpm

ท่าอบอุ่นร่างกาย	ช่วง HR
1. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน	84-113
2. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า	80-109
3. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง	82-113
4. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังส่วนบน	87-107
5. ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออก	88-104
6. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่	92-110
7. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัว	93-114
8. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา	91-107
9. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง	89-111
10. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลังด้านล่าง	93-110



คนที่ 2 อายุ 30 ปี ส่วนสูง 162 น้ำหนักตัว 102 กิโลกรัม ดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI)  
38.86 kg/m<sup>2</sup> อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก 80 bpm

รูปแสดงการทดสอบออกกำลังกายแบบสลับช่วง



### ผลการศึกษานำร่อง

ช่วงการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ระดับความหนักต่ำที่ 40-45 %HRR ควรมีอัตราการเต้นหัวใจอยู่ที่ 124-130 bpm

ท่าอบอุ่นร่างกาย	ระยะเวลา	ช่วง HR
ท่ามาชซิ่ง (Marching)	1 นาที	95-113
ท่าเลคเคิล (Leg curl)	1 นาที	113-128
ท่าฮายนี่ (High knee)	1 นาที	125-137
ท่าโซวเดอร์โรเลชั่นร่วมกับไซด์แทป (Shoulder rotation + Side tap)	1 นาที	128-132
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	126-116
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	110-114
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	100-118
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลังด้านล่าง	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	116-120
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	118-122
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง	ยืดค้างไว้ 15 วินาที	112-119

ช่วงการออกกำลังกาย 30 นาที

ช่วงออกกำลังกายที่ความหนักสูง ควรมีอัตราการเต้นหัวใจอยู่ที่ 75-85%HRR  $\approx$  162-174 bpm

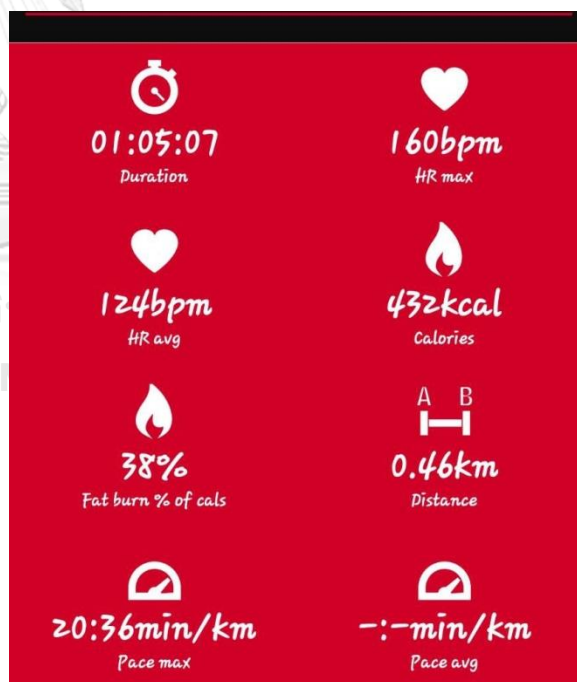
ช่วงออกกำลังกายที่ความหนักเบา ควรมีอัตราการเต้นหัวใจอยู่ที่ 45-55%HRR  $\approx$  130-140 bpm

รอบ	ท่าการออกกำลังกาย	ระยะเวลา	ช่วง HR
รอบที่ 1	ช่วงความหนักสูง :ท่าเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl + Chest press)	1 นาที	114-152
	ช่วงความหนักเบา :ท่าซิตเทต เลคเอ็กซ์เทนชั่น (Seated leg extension)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พัก ระหว่างเซต 30 วินาที	115-133
รอบที่ 2	ช่วงความหนักสูง :ท่าฮายนี่ร่วมกับท่าโซวเดอร์เพรส (High knee + Shoulder press)	1 นาที	112-154
	ช่วงความหนักเบา :ท่าไบเซฟเคิล (Biceps curl)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พัก ระหว่างเซต 30 วินาที	110-135

รอบ	ท่าการออกกำลังกาย	ระยะเวลา	ช่วง HR
รอบที่ 3	ช่วงความหนักสูง :ท่าเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)	1 นาที	118-156
	ช่วงความหนักเบา :ท่าซิงเกิ้ล นี้อัพ (Single knee up)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พัก ระหว่างเซต 30 วินาที	114-134
รอบที่ 4	ช่วงความหนักสูง :ท่าเลคเคิลร่วมกับท่าเชสเพรส (Leg curl +Chest press)	1 นาที	116-157
	ช่วงความหนักเบา :ท่าโอเวอร์เฮดไตรเซ็ปส์เอ็กซ์เทนชัน (Overhead triceps extension)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พัก ระหว่างเซต 30 วินาที	114-136
รอบที่ 5	ช่วงความหนักสูง : ท่าฮายนีย์ร่วมกับท่าโชวเดอร์เพรส (High knee +Shoulder press)	1 นาที	124-158
	ช่วงความหนักเบา :ท่าวันเลค คิคแบ็ค (One leg kickback)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พัก ระหว่างเซต 30 วินาที	130-142
รอบที่ 6	ช่วงความหนักสูง :ท่าเลคเคิลร่วมกับฟรอนต์เรส (Leg curl+Front raise)	1 นาที	134-160
	ช่วงความหนักเบา :ท่าซิตเทต โรว (Seated row)	3 เซต เซตละ 15 ครั้ง พัก ระหว่างเซต 30 วินาที	116-137

ช่วงคลายอ่อนร่างกาย แต่ละท่าทำค้างไว้ 30 วินาที ทำซ้ำ 2 รอบ ควรมีอัตราการเต้นหัวใจต่ำกว่า 40%  
HRR = ต่ำกว่า 124 bpm


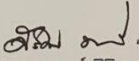
ท่าอบอ่อนร่างกาย	ช่วง HR
1. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอและหลังส่วนบน	114-136
2. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า	119-123
3. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง	120-125
4. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังส่วนบน	112-114
5. ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออก	118-120
6. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่	100-112
7. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัว	110-116
8. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา	120-135
9. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาด้านหลังส่วนต้นและน่อง	111-117
10. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกและหลังด้านล่าง	100-115





## ภาคผนวก ท

ใบประกาศนียบัตรรับรองการเข้าฝึกอบรมปฐมพยาบาลและสุขภาพอนามัย สภากาชาดไทย หลักสูตร การนวดหัวใจผายปอดกู้ชีพและสลักในผู้ใหญ่ เครื่องซ็อกไฟฟ้าหัวใจอัตโนมัติของผู้ดำเนินการทำวิจัย

 <b>สภากาชาดไทย</b> <small>The Thai Red Cross Society</small>	
<b>ศูนย์ฝึกอบรมปฐมพยาบาลและสุขภาพอนามัย สภากาชาดไทย</b> <b>THE THAI RED CROSS FIRST AID AND HEALTH CARE TRAINING CENTER</b>	
<b>ประกาศนียบัตร</b> <b>CERTIFICATE</b>	
<b>นาม</b> <small>Name</small>	<b>นางสาวธัญญากานต์ วรเศรษฐวัฒน์</b> <small>Registration No. PRC-191224-5628</small>
<b>หลักสูตร</b> <small>Course</small>	<b>การนวดหัวใจผายปอดกู้ชีพและสลักในผู้ใหญ่ เครื่องซ็อกไฟฟ้าหัวใจอัตโนมัติ</b> <small>วันที่สำเร็จการอบรม 24 ธันวาคม 2562</small> <small>Issued date</small>
<p>ผู้รับการอบรมดังกล่าว ได้ผ่านการฝึกอบรมและทดสอบแล้วว่ามีความรู้ความสามารถตามมาตรฐานหลักสูตร  This is to certify that the awardee has successfully completed the training and meet all the requirements of this course</p>	
<b>ประกาศนียบัตรนี้มีอายุ 3 ปี นับตั้งแต่วันที่เข้ารับการฝึกอบรม</b> <small>Valid 3 years</small>	 <b>(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริพร พุทธรังษี)</b> <small>ผู้อำนวยการศูนย์ฝึกอบรมปฐมพยาบาลและสุขภาพอนามัย</small> <small>Director</small>

  
**จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ฉันทยานันต์ วรเศรษฐวัฒน์
วัน เดือน ปี เกิด	31 สิงหาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงใหม่
วุฒิการศึกษา	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	113 หมู่ 12 ต. ยูหว่า อ. สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ 50120



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY