

ผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะ  
และหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2



นายวิหิต มิดรานันท์

## ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF AEROBIC INTERVAL WITH INTEGRATION OF RESISTANCE TRAINING  
ON HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND ENDOTHELIAL FUNCTION IN  
PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS



Mr. Witid Mitranun

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science

Faculty of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

521259

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

โดย

นายวิฑิต มิตรานันท์

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

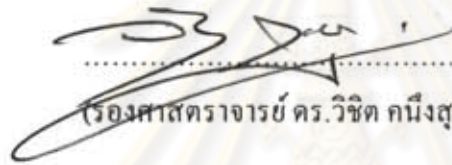
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ครุณวรรณ สุขสม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ศาสตราจารย์คลินิกพิเศษ นายแพทย์ชัยชาญ ดีโรจนวงศ์

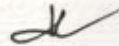
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา


(รองศาสตราจารย์ ดร.วิฑิต กนิงสุขเกษม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชรารักษ์)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ครุณวรรณ สุขสม)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์คลินิกพิเศษ นายแพทย์ชัยชาญ ดีโรจนวงศ์)



.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทிரารักษ์)



.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

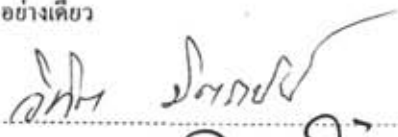


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย)

วิฑิต มิตรานันท์ :ผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขภาพสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2. (EFFECTS OF AEROBIC INTERVAL WITH INTEGRATION OF RESISTANCE TRAINING ON HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND ENDOTHELIAL FUNCTION IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ สุขสม, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ศาสตราจารย์คลินิกพิเศษ นพ.ชัยชาญ ติโรจนวงศ์, 160 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขภาพสมรรถนะ และหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภทที่ 2 จำนวน 31 คน อายุ 60-70 ปี มีค่าระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในช่วง 125-140 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าไกลโคซิเลตฮีโมโกลบิน อยู่ในช่วง 6.5-10 เปอร์เซ็นต์ แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มควบคุม จำนวน 8 คน กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา จำนวน 8 คน กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน จำนวน 7 คน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน จำนวน 8 คน โดยทุกกลุ่มออกกำลังกายทำการฝึกครั้งละ 35 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการวัดค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ สารชีวเคมีในเลือด และอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวดาเนียล

ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตรารอบเอวต่อสะโพก น้ำตาลในเลือด ไกลโคซิเลตฮีโมโกลบิน ค่าการประเมินความถี่ของอินซูลินโดยวิธีโฮมีโอสเตติก คลอเลสเทอรอล โลวเดนซิติโลโปโปรตีน และมาลอนไดอัลดีไฮด์ มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการทดลอง มวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไฮเดนซิติโลโปโปรตีน และกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวม มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05 ในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน มวลไขมัน ค่าการประเมินความถี่ของอินซูลินโดยวิธีโฮมีโอสเตติก และโลวเดนซิติโลโปโปรตีน มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองที่ระดับ .05 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ไฮเดนซิติโลโปโปรตีนและกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองที่ระดับ .05 และในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มวลไขมัน อัตรารอบเอวต่อสะโพก ระดับน้ำตาล ค่าการประเมินความถี่ของอินซูลินโดยวิธีโฮมีโอสเตติก โลวเดนซิติโลโปโปรตีน ไครกิลิเซอไรด์ วอนวิลลิแบนด์แฟกเตอร์ และมาลอนไดอัลดีไฮด์ มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง มวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวม และอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวดาเนียลสูงสุดต่อขณะพัก มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีผลดีโดยรวมต่อสุขภาพสมรรถนะ หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด และสารชีวเคมีในเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มากกว่ากลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาเพียงอย่างเดียว และกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านเพียงอย่างเดียว

สาขาวิชา..... วิทยาศาสตร์การกีฬา..... ลายมือชื่อนิติศ.....   
ปีการศึกษา..... 2552..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....   
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... 



# #5178638939 : MAJOR SPORT SCIENCE

KEYWORDS : AEROBIC INTERVAL TRAINING / HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS / TYPE 2 DIABETES MELLITUS / RESISTANCE TRAINING / ENDOTHELIAL FUNCTION

WITID MITRANUN : EFFECTS OF AEROBIC INTERVAL WITH INTEGRATION OF RESISTANCE TRAINING ON HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND ENDOTHELIAL FUNCTION IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS.  
 THESIS ADVISOR : ASST. PROF. DAROONWAN SUKSOM, Ph.D, THESIS CO-ADVISOR : PROF. CHAICHARN DEEROJANAWONG, M.D., 160 pp.

The purpose of this study was to examine the effects of interval aerobic training with integration of resistance training on health-related physical fitness and endothelial function in patients with type 2 diabetes mellitus. Thirty one type 2 diabetic patients with ages between 60-70 years, fasting blood sugar 125-140 mg/dl and HbA1c 6.5-10 % were divided into 4 groups: control group (C; n=8), aerobic interval training group (AI; n=8), resistance training group (R; n=7) and aerobic interval with integration of resistance exercise training (AIR; n=8). All of experimental groups performed 35 minutes a day, 3 days a week. Basic physiological information, health-related physical fitness, biochemical blood value and cutaneous blood flow of every subject were evaluated before and after 12 weeks of training. To determine the difference between before and after training and among 4 groups, pair t-test and ANOVA were used, respectively.

The results were as follow: In AI group: fat mass, %fat, waist/hip ratio, fasting blood sugar, glycosylated hemoglobin (HbA1c), homeostatic model assessment for insulin resistance (HOMA-IR), cholesterol, low density lipoprotein (LDL) and malondialdehyde (MDA) were significantly lower ( $p < .05$ ) than before the experiment and those after the experiment of C group. Muscle mass, muscle strength, maximal oxygen consumption ( $VO_2max$ ), high density lipoprotein (HDL) and whole glutathione peroxidase (wGPX) were significantly higher ( $p < .05$ ) than before the experiment and those after the experiment of C group. In R group: fat mass, HOMA and LDL were significantly lower ( $p < .05$ ) than those before the experiment. Muscle strength, HDL and glutathione peroxidase (GPX) were significantly higher ( $p < .05$ ) than those before the experiment of the R group. In AIR group: fat mass, waist/hip ratio, fasting blood sugar, HOMA, LDL, triglyceride and von willebrand factor were significantly lower ( $p < .05$ ) than before the experiment and those after the experiment of C group. Muscle strength,  $VO_2max$ , GPX, wGPX and maximum cutaneous blood flow/resting blood flow were significantly higher ( $p < .05$ ) than before the experiment and those after the experiment of C group.

In conclusion, AIR had more beneficial effects for improving health-related physical fitness, endothelial function and biochemical blood in patients with type 2 diabetes mellitus than AI only and R only.

Field of Study : Sports Science .....

Academic Year : 2009 .....

Student's Signature Witid Mitranun

Advisor's Signature Daroonwan Suksom

Co-Advisor's Signature Chaicharn Deerojanawong



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฏ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	3
สมมุติฐานของการวิจัย.....	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
โรคเบาหวาน.....	10
การสูญเสียหน้าที่ของเซลล์เบต้าของตับอ่อน.....	13
อนุโมลิสระ และสารต้านอนุโมลิสระ.....	18
การออกกำลังกาย.....	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	37
กลุ่มตัวอย่าง.....	37
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	38



บทที่	หน้า
ขั้นตอนการศึกษาวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	40
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	86
สรุปผลการวิจัย.....	86
อภิปรายผล.....	89
ข้อเสนอแนะ.....	100
รายการอ้างอิง.....	102
ภาคผนวก.....	109
ภาคผนวก ก.....	110
ภาคผนวก ข.....	112
ภาคผนวก ค.....	116
ภาคผนวก ง.....	121
ภาคผนวก จ.....	123
ภาคผนวก ฉ.....	127
ภาคผนวก ช.....	140
ภาคผนวก ซ.....	145
ภาคผนวก ฅ.....	158
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	160



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการฝึกการออกกำลังกายในแต่ละกลุ่มทดลอง.....	43
2	การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา.....	52
3	การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน.....	53
4	การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน.....	54
5	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสรีรวิทยาระหว่างกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง.....	56
6	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะด้านองค์ประกอบทางร่างกายของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง.....	61
7	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะด้านความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (IRM) ของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง.....	65
8	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะด้านความยืดหยุ่นของร่างกาย ของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง.....	69

ตารางที่		หน้า
9	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะด้านความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ ของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง.....	71
10	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสารชีวเคมีในเลือด ของกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง.....	73
11	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส ของกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง.....	83

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส (ฟลักซ์) ในช่วงเวลาต่างกันของการใช้วิธีการปิดกั้นแสดงระดับการไหลที่เป็นศูนย์ (Biological zero; BZ) อัตราการไหลของเลือดก่อนการปิดกั้นด้วยกัฟฟ์ (Resting flow; RF) อัตราการไหลของเลือดขณะทำการปิดกั้น (Occlusion period; Occl.) อัตราการไหลของเลือดสูงสุดขณะที่มีการคลายการปิดกั้นอย่างรวดเร็ว (Maximum flow; MF) อัตราการไหลของเลือดเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการไหลขณะพักและขณะที่มีการไหลของเลือดสูงสุด (Half flow; HF) และช่วงเวลาที่ใช้ตั้งแต่การคลายการปิดกั้นอย่างรวดเร็วถึงช่วงที่มีอัตราการไหลของเลือดสูงสุด (Time of cross point with RF; TRF)....	16
2	แสดงผนังหลอดเลือดเมื่อเกิดการฉีกขาด.....	17
3	แสดงการเข้าจับกันระหว่างเกร็ดเลือดกับวอนวิลลิแบนแฟคเตอร์.....	17
4	แสดงการทำงานของซูบเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส และกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส ในการควบคุมสารพวกรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ ซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้สูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในเซลล์หลอดเลือด.....	21
5	แผนภาพแสดงการฟื้นฟูสภาพการณ์การเป็นเบาหวานชนิดที่ 2.....	25
6	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	49



## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิประกอบ		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	58
2	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	59
3	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	59
4	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	60
5	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	60
6	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไขมัน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	62





แผนภูมิประกอบ	หน้า
14 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยืดหยุ่นของร่างกาย ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	70
15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	72
16 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	77
17 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไกลโคซิเลทฮีโมโกลบิน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	78
18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการประเมินความเครียดอินซูลินโดยวิธีโฮมีโอสเตซิส ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	78
19 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคลอเลสเทอรอล ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง.....	79





แผนภูมิประกอบ	หน้า
27	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียขณะพัก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง... 84
28	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง..... 85
29	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสูงสุดต่อขณะพัก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง..... 85



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคเบาหวานนับว่าเป็นโรคที่จะมีจำนวนผู้ป่วยมากขึ้นในแต่ละปี โรคชนิดนี้เป็นโรคเรื้อรังที่ปัจจุบันนี้ยังไม่มียาที่รักษาให้หายขาดได้ อันตรายของโรคเบาหวานมักเกิดจากอาการแทรกซ้อนที่เกิดขึ้น ได้แก่ ภาวะแทรกซ้อนทางสายตา (Diabetic retinopathy) ภาวะแทรกซ้อนทางไต (Diabetic nephropathy) ภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาท (Diabetic neuropathy) โรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary vascular disease) โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease) โรคของหลอดเลือดส่วนปลาย (Peripheral vascular disease) และแผลเรื้อรังจากเบาหวาน (Diabetic ulcer) ซึ่งเป็นอาการที่ทำให้ผู้ป่วยได้รับความทุกข์ทรมานอย่างมาก โรคเบาหวานเกิดจากความผิดปกติในการเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) ของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งเป็นผลทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดสูง สาเหตุที่ทำให้เกิดโรคชนิดนี้ได้แก่ การขาดฮอร์โมนอินซูลินซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่นำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ การที่ตัวรับอินซูลิน (Insulin receptor) ของเซลล์เป้าหมายมีจำนวนลดลง ความบกพร่องในการตอบสนองของเซลล์เป้าหมายเมื่อถูกกระตุ้น และการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนบางอย่างที่มีหน้าที่การทำงานตรงกันข้ามกับฮอร์โมนอินซูลิน เช่น ฮอร์โมนโกรท (Growth hormone) ฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (Glucocorticoid hormone) ฮอร์โมนกลูคาγον (Glucagon hormone) และกลุ่มฮอร์โมนแคทีโคลามีน (Catecholamine hormone) (วิญญู มิตรานันท์, 2540) โรคเบาหวานสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ได้แก่ เบาหวานชนิดที่ 1 (Type 1 diabetes) เบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 diabetes) เบาหวานชนิดจำเพาะอื่นๆ (Other specific type of diabetes) และเบาหวานในสตรีตั้งครรภ์ (Gestational diabetes mellitus) (American Diabetes Association, 2007)

สำหรับในประเทศไทยเบาหวานชนิดที่ 2 มักเป็นชนิดของเบาหวานที่พบได้มากกว่าเบาหวานประเภทอื่นๆ เบาหวานชนิดนี้เกิดจากการลดลงของตัวรับอินซูลิน หรือเซลล์เป้าหมายไม่สามารถตอบสนองต่อการกระตุ้นได้อย่างปกติ ทำให้ร่างกายไม่สามารถนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ได้ ระดับน้ำตาลในเลือดจึงสูงกว่าปกติ (Hyperglycemia) (American Diabetes Association, 2007) ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูญเสียหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Endothelial dysfunction) (Beckman et al., 2007) ทำให้กระตุ้นการเกิดอนุมูลอิสระ (Free radical) มากขึ้น โดยเฉพาะการเกิดสารกลุ่มรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ (Reactive Oxygen species; ROS)

ส่วนใหญ่ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ ( $O_2^-$ ) ไฮดรอกไซด์ ( $OH^-$ ) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) สารกลุ่มรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์เหล่านี้จะไปออกซิไดซ์บริเวณเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Endothelial cell) ส่งผลทำให้เซลล์บุผนังหลอดเลือด ไม่สามารถสร้างสารไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) เพื่อรักษาสมดุลของหลอดเลือดได้ จึงทำให้เกิดการสูญเสียหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Gutterman, 2002) ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง โรคไต โรคหลอดเลือดส่วนปลาย รวมทั้งมีผลต่อการหายของบาดแผลในผู้ป่วยโรคเบาหวาน (Kunz, 2006) โรคเบาหวานชนิดที่ 2 มักพบในกลุ่มคนที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐาน (Overweight) ซึ่งมักมีระดับไขมันในเลือด ได้แก่ กลอเลสเทอรอล (Cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) สูง อาจกล่าวได้ว่า ภาวะน้ำหนักเกินเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญต่อการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยทั่วไปการดูแลผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 นั้นจึงควรเน้นให้มีการควบคุมอาหาร โดยเฉพาะอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตและไขมัน การให้ยาจำพวกเมทฟอร์มิน (Metformin) และการแนะนำให้ออกกำลังกาย มีนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความสนใจในเรื่องการออกกำลังกายที่ช่วยฟื้นฟูอาการของผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ได้แก่ การออกกำลังกายแอโรบิกแบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่มีการควบคุมความหนักของการออกกำลังกาย (มักควบคุมด้วยอัตราการเต้นของหัวใจที่ค่อนข้างคงที่ขณะออกกำลังกาย) งานวิจัยของไซกอลและคณะ (Sigal et al., 2007) พบว่าการออกกำลังกายแอโรบิกแบบต่อเนื่องที่ความหนัก 60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 45 นาที มีผลดีในการช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยเฉพาะค่าไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน (Glycosylated hemoglobin; HbA1c) การออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่ต้องทำแล้วถึงจุดใกล้เหนื่อยสลับกับการลดระดับความหนักของงานลงมา (McArdle et al., 2000) ซึ่งมีงานวิจัยของจอนน่าและคณะ (Jonna et al., 2008) พบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกแบบหนักสลับเบาให้ผลที่ดีทั้งในเรื่องการลดลงของความดันโลหิต การเพิ่มขึ้นของความจุทางแอโรบิก (Aerobic capacity) การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดดีขึ้น และการควบคุมระดับน้ำตาลได้ดี การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน ก็เป็นการออกกำลังกายที่ช่วยฟื้นฟูอาการของผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 เช่นกัน เพราะการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านมีผลต่อการนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ในกล้ามเนื้อโครงร่าง โดยเพิ่มตัวรับอินซูลิน (Holten et al., 2004) ทำให้การควบคุมระดับน้ำตาลมีประสิทธิภาพมากขึ้น และกระตุ้นการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Cohen et al., 2008) และการออกกำลังกายแบบผสมผสานทั้งแบบแอโรบิก (แบบต่อเนื่อง) กับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน จากงานวิจัยของไซกอลและคณะ (Sigal et al., 2007) พบว่าให้ผลดีกว่าการออกกำลังกายเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งในการควบคุมระดับน้ำตาล



การออกกำลังกายแต่ละประเภทมีประโยชน์ในการฟื้นฟูการของผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ในกลไกที่ต่างกัน เช่นการเพิ่มขึ้นของตัวขนส่งน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ และการทำงานที่ดีขึ้นของตัวส่งสัญญาณจากอินซูลิน (Insulin signaling) และการออกกำลังกายแบบผสมผสานให้ผลที่ดีกว่า ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการออกกำลังกายแบบผสมผสาน แต่เป็นการผสมผสานระหว่างการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบากับการฝึกโดยใช้แรงต้าน ซึ่งการออกกำลังกายแบบผสมผสานชนิดนี้ยังไม่มีรายงานการวิจัยในผู้ป่วยเบาหวานมาก่อน โดยผู้วิจัยคาดว่าน่าจะให้ผลที่ดีในการฟื้นฟูการของผู้ป่วยในด้านสุขสมรรถนะ และหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ได้มากกว่าการออกกำลังกายแบบช่วงหนักสลับเบาเพียงอย่างเดียว หรือการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเพียงอย่างเดียว

### คำสำคัญ

การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (Aerobic interval training) การฝึกโดยใช้แรงต้าน (Resistance training) สุขสมรรถนะ (Health-related physical fitness) หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Endothelial function)

### คำถามของการวิจัย

1. การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลอย่างไรต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2
2. การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ดีกว่าการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และการฝึกโดยใช้แรงต้าน หรือไม่ อย่างไร

### สมมติฐานของการวิจัย

1. การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2
2. การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีกว่าการออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา และการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน ในเรื่องสุขสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านกับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2

## ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นอาสาสมัครทั้งเพศชายและเพศหญิง ชมรมเบาหวาน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพมหานคร อายุระหว่าง 60 – 70 ปี ซึ่งป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

### 2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรต้น (Independent variables) เป็นรูปแบบการออกกำลังกาย 3 ประเภทที่ให้ในแต่ละกลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน กลุ่มการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มการออกกำลังกายแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้องเข้าร่วมในโปรแกรมการออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นเวลา 12 สัปดาห์

### 2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variables) ประกอบด้วย

2.2.1 ตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว (Body weight) ค่าดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) และความดันโลหิต (Blood pressure)

2.2.2 ตัวแปรการทดสอบสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular strength and endurance) ความอ่อนตัว (Flexibility) และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ (Cardiorespiratory endurance)

### 2.2.3 ตัวแปรการทดสอบด้านสารชีวเคมีในเลือด ประกอบด้วย

- การควบคุมระดับน้ำตาล ได้แก่ การตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (Fasting blood sugar) ไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน ปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ คลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ค่าความคั่งต่ออินซูลิน โดยคำนวณจากค่าการประเมินโดย



วิธีโฮมีโอสเตติก (Homeostatic model assessment; HOMA) โดยคำนวณจากสูตรของเทอร์เนอร์ และคณะ (Turner et al., 1993) ดังนี้

ปริมาณน้ำตาลในเลือด (มิลลิกรัม/เดซิลิตร) X ปริมาณอินซูลิน (ไมโครยูนิต/มิลลิลิตร)

405

- ตัวชี้วัดอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ มาลอนไดออลดีไฮด์ (Malondialdehyde; MDA) และกลูตาไทโอนเพอรอกซิเดส (Glutathione peroxidase; GPX)

- สารบ่งชี้การสูญเสียหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ได้แก่ วอนวิลลิแบรนด์แฟกเตอร์ (von Willebrand factor; vWF)

2.2.4 ตัวแปรของการทดสอบการไหลของเลือดชั้นกิวทาเนียส ได้แก่ การทดสอบหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดโดยใช้อุปกรณ์เลเซอร์ดอปเปลอร์ (Laser doppler flowmetry)

#### ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ผู้เข้าร่วมการทดลองสมัครใจเข้าร่วมการทดลอง
2. ผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้รับคำชี้แจงขั้นตอนต่างๆของการดำเนินงานวิจัย และการปฏิบัติตัวของผู้เข้าร่วมการทดลองโดยละเอียด และผู้เข้าร่วมการทดลองต้องลงชื่อในใบยินยอมของผู้เข้าร่วมในงานวิจัยก่อนเข้าร่วมการทดลอง
3. ตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการทดลองออกกำลังกายตามโปรแกรมและมีการดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ
4. การฝึกการออกกำลังกายทั้งสามรูปแบบในทั้งสามกลุ่มการทดลอง คือ การออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีการอบอุ่นร่างกาย (Warm up) 5 นาที และผ่อนคลาย (Cool down) 5 นาที รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน

## คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (Aerobic interval training) หมายถึง การออกกำลังกายโดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อซึ่งต้องใช้ออกซิเจนช่วยในการสันดาป สำหรับการศึกษาวิจัยนี้เป็นการออกกำลังกายบนลู่วิ่งที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงประมาณ 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับกับการที่ทำให้อัตราการเต้นหัวใจลดลงมาในช่วงประมาณ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

การฝึกโดยใช้แรงต้าน (Resistance training) หมายถึง การออกกำลังกายที่ใช้น้ำหนักต้านกับการออกแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อ สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ทำการฝึกแต่ละเซตโดยใช้น้ำหนักที่สามารถยกได้สูงสุด 6-8 ครั้ง ทำท่าละ 4 เซต โดยใช้ท่าเบนเพรส ท่าเบนท์โอเวอร์โรว์ ท่าไตรเซ็ปคิกแบ็ค ท่าแอบโดมินัลเคิร์ด และท่าสควอท

การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (Aerobic interval training with integration of resistance training group) หมายถึง การฝึกที่มีการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักของงานเพียงครั้งเดียวของการฝึกโดยใช้แรงต้านแล้วจึงตามด้วยการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาที่มีความหนักของงานเพียงครั้งเดียวของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา

สุขสมรรถนะ (Health-related physical fitness) หมายถึง องค์ประกอบทั้ง 4 อย่างได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย เช่น การวัดปริมาณไขมันในร่างกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน ปริมาณกล้ามเนื้อ และอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยการวัดความแข็งแรงสูงสุด ความอ่อนตัวโดยการวัดจากท่าก้มและปลายเท้า และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ โดยการวัดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Endothelial function) หมายถึง ความสามารถของเซลล์บุผนังหลอดเลือดที่ทำหน้าเป็นตัวกั้น (Barrier) ตัวควบคุมการขนส่งน้ำ สารละลาย และเซลล์ระหว่างช่องว่างของการไหลเวียนเลือด (Vascular space) และช่องว่างของเนื้อเยื่อ (Tissue compartment) ทำหน้าที่เป็นเซลล์เป้าหมาย (Target cells) สำหรับสารของเหลวในร่างกาย (Humoral) และการตอบสนองต่อเซลล์ภูมิคุ้มกันโรค (Cellular immune responses) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการหดขยายของหลอดเลือด (Vasoconstrictors / Vasodilators) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระบวนการจับตัวของโปรตีนเป็นก้อนลิ่ม (Coagulation) และการสลายตัวของไฟบริน (Fibrinolysis) และทำหน้าที่สร้างสารต่างๆ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ชนิดต่างๆ

รีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ (Reactive Oxygen species; ROS) หมายถึง สารอนุมูลอิสระกลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่เกิดขึ้นในร่างกาย สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ประเมินจากระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์

### ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การฝึกโดยใช้แรงต้าน และการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2
2. ทำให้ทราบถึงผลเปรียบเทียบระหว่างที่ได้จากการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การฝึกโดยใช้แรงต้าน และการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะ และหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2
3. ทำให้ได้รูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งจะเป็นแนวทางในการแนะนำให้ผู้ป่วยได้มีคุณภาพชีวิตและการดูแลตัวเองที่ดีขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมเอกสาร และตำราวิชาการที่มีรายละเอียดของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง และนำมาเรียบเรียงไว้ดังหัวข้อต่อไปนี้

#### 1. โรคเบาหวาน

- แนวโน้มของผู้ป่วยโรคเบาหวาน
- ประเภทของโรคเบาหวาน
- เกณฑ์ในการวินิจฉัยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

#### 2. การสูญเสียหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

- เซลล์บุผนังหลอดเลือด
- หน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด
- เบาหวานชนิดที่ 2 กับการสูญเสียหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด
- ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงที่มีผลต่อเซลล์บุผนังหลอดเลือด
- การประเมินหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

#### 3. อนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระ

- อนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระกับการเกิด โรคเบาหวานชนิดที่ 2
- การประเมินอนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

#### 4. การออกกำลังกาย

- หลักการออกกำลังกายโดยทั่วไป
- หลักการออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2
- หลักการออกกำลังกายแบบแอโรบิกโดยทั่วไป
- การออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา: การฝึกที่ช่วยฟื้นฟูทางสรีรวิทยา

ของผู้ป่วยก่อนเป็นเบาหวาน

- หลักการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน
- หลักการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2
- สมรรถภาพทางกาย

## 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

-งานวิจัยภายในประเทศ

-งานวิจัยต่างประเทศ



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 1. โรคเบาหวาน

### แนวโน้มของผู้ป่วยโรคเบาหวาน

เบาหวานเป็นโรคที่พบมากที่สุดประชากรโลกในศตวรรษที่ 21 นี้ โดยมีการคาดคะเนความชุกของผู้ป่วยเบาหวานจะเพิ่มจาก 151 ล้านคน ในปี ค.ศ. 2000 เป็น 221 ล้านคนในปี ค.ศ. 2010 (Amos et al., 1997) และเพิ่มสูงถึง 300 ล้านคน ในปี ค.ศ. 2025 (King et al., 1998) โดยประมาณการว่าประเทศกำลังพัฒนาในแถบทวีปเอเชียจะมีอัตราผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 เพิ่มขึ้นสูงสุดในจำนวนของผู้ป่วยเบาหวานทั้งหมด คือ ประมาณร้อยละ 91 (Amos et al., 1997) ในประเทศไทยพบผู้ป่วยเบาหวานในคนที่มีความอายุเท่ากับหรือมากกว่า 35 ปี ประมาณ 2.4 ล้านคน คิดเป็นอัตราความชุกร้อยละ 9.6 โดยพบอัตราความชุกของโรคเบาหวานสูงสุดในคนที่มีความอายุเท่ากับหรือมากกว่า 65 ปี และผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Aekplakorn et al., 2003) จากสถิติของกระทรวงสาธารณสุขประเทศไทย พบว่าอัตราตายด้วยโรคเบาหวานในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535 จำนวน 49.5 ต่อแสนประชากร ปี พ.ศ. 2536 จำนวน 50.8 ต่อแสนประชากร ปี พ.ศ. 2537 จำนวน 57.2 ต่อแสนประชากร ปี พ.ศ. 2538 จำนวน 56.2 ต่อแสนประชากร ปี พ.ศ. 2539 จำนวน 57.4 ต่อแสนประชากร ปี พ.ศ.2540 จำนวน 48.5 ต่อแสนประชากร และปี พ.ศ. 2541 จำนวน 29.0 ต่อแสนประชากร และจากสถิติผู้ป่วยเบาหวานที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2544 พบผู้ป่วยจำนวน 142,088 คน คิดเป็น 267.69 ต่อแสนประชากร (ส่วนข้อมูลข่าวสารสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2534) ปี พ.ศ. 2547 พบอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยเบาหวาน 12.3 คนต่อประชากร 1 แสนคน (ส่วนข้อมูลข่าวสารสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2548)

โรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่เกิดจากผลของความผิดปกติของกระบวนการเมแทบอลิซึม อาการแสดงของโรคเบาหวานคือ มีระดับน้ำตาลในเลือดสูง ซึ่งเป็นผลจากความบกพร่องในการผลิตอินซูลินจากตับอ่อน และ/หรือภาวะดื้อต่ออินซูลินซึ่งการที่เนื้อเยื่อลดการตอบสนองต่ออินซูลินการที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานานก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนต่อหลอดเลือดแดงขนาดเล็ก (Microvascular complication) และหลอดเลือดแดงขนาดใหญ่ (Macrovascular complication) ได้แก่ แผลเรื้อรังที่เท้ารักษาไม่หาย และความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินปัสสาวะ ระบบสืบพันธุ์ และระบบประสาทอัตโนมัติ คาบอด ไตวาย รวมทั้งโรคหัวใจและหลอดเลือด



## ประเภทของโรคเบาหวาน

สมาคมโรคเบาหวานแห่งอเมริกา (American Diabetes Association, 2007) ได้แบ่งโรคเบาหวานออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. โรคเบาหวานชนิดที่ 1 (Type 1 diabetes mellitus) เป็นโรคเบาหวานที่มีพยาธิกำเนิดมาจากการที่ตับอ่อนไม่สามารถผลิตอินซูลินได้อย่างสิ้นเชิง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความผิดปกติทางพันธุกรรม การติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียที่ได้รับสารพิษบางชนิด หรือการเกิดภาวะเครียด โรคเบาหวานชนิดที่ 1 นี้สามารถพบได้ในทุกวัยแต่ส่วนใหญ่พบมากในเด็ก

2. โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 diabetes mellitus) เป็นชนิดที่พบบ่อยที่สุด มีสาเหตุจากความบกพร่องในการหลั่งอินซูลิน คือ หลั่งอินซูลินในปริมาณที่น้อยเกินไป และ/หรือภาวะดื้อต่ออินซูลิน คือ การที่เนื้อเยื่อไม่ตอบสนองต่อฤทธิ์ของอินซูลิน ซึ่งภาวะดื้อต่ออินซูลินเกิดจากความผิดปกติทางพันธุกรรมและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น ความอ้วน การขาดการออกกำลังกาย การดื้อต่ออินซูลินนี้ทำให้เซลล์ไม่สามารถนำกลูโคสในเลือดไปใช้ได้

3. โรคเบาหวานชนิดอื่นๆ (Other specific type of diabetes mellitus) เป็นโรคเบาหวานที่มีสาเหตุมาจากโรคอื่นๆ ที่ทำให้มีการทำลายบีต้าเซลล์ (B-cell) เช่น ตับอ่อนอักเสบ ตับอ่อนได้รับบาดเจ็บ (Trauma) การผ่าตัดตับอ่อนออกจากร่างกาย (Pancreatectomy) มะเร็ง (Neoplasia) โรคเยื่อพังพืด (Cystic fibrosis) การได้รับยาหรือสารเคมี เป็นต้น ที่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นจนก่อให้เกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน

4. โรคเบาหวานขณะตั้งครรภ์ (Gestational diabetes mellitus; GDM) เป็นโรคเบาหวานที่เกิดขึ้นในขณะตั้งครรภ์ เป็นภาวะที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ตามปกติ (Glucose intolerance) ซึ่งมักเกิดขึ้นในขณะตั้งครรภ์ในช่วงไตรมาสที่ 3 หลังสิ้นสุดการตั้งครรภ์ ผู้ป่วยจะได้รับการตรวจระดับน้ำตาลในเลือดซ้ำ ซึ่งอาจพบว่าผู้ป่วยมีระดับน้ำตาลในเลือดปกติ หรือมีระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหารบกพร่อง (Impaired fasting glucose) หรือเป็นโรคเบาหวานได้

## เกณฑ์ในการวินิจฉัยโรคเบาหวาน (American Diabetes Association, 2007)

วิธีตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือดสำหรับการวินิจฉัยโรคเบาหวานในปัจจุบัน มี 3 วิธี คือ

1. การวัดระดับน้ำตาลในพลาสมาหลังการอดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง (Fasting plasma glucose; FPG) เป็นวิธีที่แนะนำให้ใช้มากกว่าวิธีอื่น เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด และได้รับความร่วมมืออย่างดีจากผู้ป่วย

2. การวัดระดับน้ำตาลในเลือดที่ 2 ชั่วโมงหลังการทดสอบความทนต่อการรับประทานน้ำตาลกลูโคส 75 กรัม (Oral glucose tolerance test; OGTT) วิธีนี้มีความไวและจำเพาะมากกว่าวิธีแรก แต่ยุ่งยากในทางปฏิบัติ

3. การวัดระดับไกลโคซิเลทฮีโมโกลบิน ซึ่งเจาะเลือดโดยไม่ต้องให้ผู้ป่วยอดอาหาร แต่วิธีนี้ยังไม่เป็นวิธีที่แนะนำให้ใช้ในการวินิจฉัยในปัจจุบัน เนื่องจากการตรวจวัดไกลโคซิเลทฮีโมโกลบิน มีหลายวิธี และแต่ละวิธีมีปัจจัยรบกวนการตรวจวัดที่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถนำผลการตรวจวัดจากแต่ละห้องปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกันได้ อย่างไรก็ตาม การวัดระดับไกลโคซิเลทฮีโมโกลบิน ถูกใช้เป็นเป้าหมายแรกในการติดตามการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

เกณฑ์ในการวินิจฉัยโรคเบาหวานในผู้ใหญ่ที่ไม่ใช่สตรีตั้งครรภ์ (American Diabetes Association., 2007) คือ ระดับน้ำตาลในเลือดตรงตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้ และได้รับการตรวจยืนยันซ้ำอีกครั้งในวันเวลาที่ต่างกัน

1. ระดับน้ำตาลในพลาสมาที่เจาะเวลาใดก็ตาม (Casual plasma glucose หรือ random plasma glucose) มีค่าเท่ากับหรือสูงกว่า 200 มิลลิกรัม/เดซิลิตร (11.1 มิลลิโมล/ลิตร) ร่วมกับมีอาการแสดงของโรคเบาหวาน ได้แก่ ปัสสาวะบ่อย กระหายน้ำบ่อย ตรวจพบคีโตนในปัสสาวะ และน้ำหนักลดโดยไม่ทราบสาเหตุ

2. ระดับ FPG มีค่าเท่ากับหรือสูงกว่า 126 มิลลิกรัม/เดซิลิตร (7.0 มิลลิโมล/ลิตร)

3. ระดับน้ำตาลในเลือดหลังการทดสอบความทนต่อการรับประทานกลูโคส มีค่าเท่ากับหรือสูงกว่า 200 มิลลิกรัม/เดซิลิตรสำหรับคนที่มีระดับ FPG ที่สูงกว่าปกติ คือ อยู่ในช่วง 100 - 125 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ซึ่งเรียกว่าอิมแพร์ฟาสต์ติ้งกลูโคส หรือระดับน้ำตาลในเลือดที่ 2 ชั่วโมงหลังการทดสอบความทนต่อการรับประทานกลูโคส อยู่ในช่วง 140-199 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ซึ่งเรียกว่าอิมแพร์กกลูโคสทอเรอเรนซ์ (Impaired glucose tolerance; IGT) แต่ยังไม่สูงพอที่จะได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเบาหวาน ปัจจุบันจัดเป็นกลุ่มผู้มีระดับน้ำตาลในเลือดในระดับเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน (pre-diabetes) ซึ่งคนกลุ่มนี้มีความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดด้วย

## 2. การดูแลรักษาหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

**เซลล์บุผนังหลอดเลือด** (วีเซียร์ ทองแดง และสมชาย เอี่ยมอ่อง, 2540)

เซลล์บุผนังหลอดเลือดหรือเอนโดทีเลียม คือ เซลล์ชั้นเดียวที่อยู่ชั้นในสุดของหลอดเลือด มีเลือดไหลผ่านเซลล์อยู่ตลอดเวลา รูปร่างเซลล์จะมีลักษณะคล้ายภูเขาวางอยู่บนเยื่อหุ้ม (Basement membrane) ที่อยู่ด้านบนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ เมื่อนับเซลล์บุผนังหลอดเลือดทั้งจากหลอดเลือดดำและหลอดเลือดแดงรวมกันทั้งหมดในร่างกายคนเรามีขนาดรวมกันประมาณ 3 กิโลกรัม

### หน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

1. ทำหน้าที่เป็นตัวกั้น เป็นตัวควบคุมการขนส่งน้ำ สารละลาย และเซลล์ระหว่างช่องว่างของการไหลเวียนเลือด และช่องว่างของเนื้อเยื่อ
2. ทำหน้าที่เป็นเซลล์เป้าหมาย สำหรับสารของเหลวในร่างกาย และการตอบสนองต่อเซลล์ภูมิคุ้มกันโรค
3. ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงสารต่างๆ
4. ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการหดขยายของหลอดเลือด
5. ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมขบวนการจับตัวของโปรตีนเป็นก้อนลิ่ม และการสลายตัวของไฟบริน
6. ทำหน้าที่สร้างสารต่างๆ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ชนิดต่างๆ

### เบาหวานชนิดที่ 2 กับการดูแลรักษาหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เกิดจากภาวะที่ร่างกายตอบสนองต่ออินซูลินลดลง ส่งผลให้มีระดับน้ำตาลในกระแสเลือดสูงขึ้น พบได้ประมาณ 95% ของผู้ป่วยที่มีระดับน้ำตาลในกระแสเลือดสูง ระดับน้ำตาลในกระแสเลือดที่สูงขึ้น ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเซลล์บุผนังหลอดเลือด การบาดเจ็บของเซลล์ดังกล่าวก่อให้เกิดการอักเสบของหลอดเลือดตามมา (Croce et al., 2006) มีรายงานว่าภาวะน้ำตาลในเลือดสูงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการดูแลรักษาหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Beckman et al., 2007) โดยกระตุ้นให้มีการสร้างสารในกลุ่มรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และแอดวานซ์ไกลโคไซเลเทดเอนโดพโรดัคต์ (Advanced glycosylated end product; AGE) ส่งผลให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดไม่สามารถสร้างไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) เพื่อรักษาสมดุลของหลอดเลือด (Gutterman et al., 2002) ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรค



หลอดเลือดสมอง โรคไต โรคหลอดเลือดส่วนปลาย รวมทั้งมีผลต่อการหายของบาดแผลในผู้ป่วยโรคเบาหวานอีกด้วย (Kunz et al., 2006)

**ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงที่มีผลต่อเซลล์บุผนังหลอดเลือด (วีระ กสานติกกุล และคณะ, 2540)**

กลไกที่แท้จริงของภาวะน้ำตาลในเลือดสูงที่ส่งผลกระทบต่อหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดไม่สามารถทราบได้แน่ชัด แต่มีสมมติฐานหลายประการในการอธิบาย ได้แก่

1. กลไกของซอร์บิทอล (Sorbital pathway) เนื่องจากกลูโคสจะเปลี่ยนเป็นซอร์บิทอล ในเซลล์ส่วนใหญ่จึงมีการสะสมของซอร์บิทอลขึ้นทั้งในเนื้อเยื่อและเซลล์บุผนังหลอดเลือด เมื่อซอร์บิทอลเปลี่ยนไปเป็นฟรุคโทส (Fructose) โดยเอนไซม์ซอร์บิทอลดีไฮโดรจีเนส (Sorbitol dehydrogenase) จะทำให้ระดับของไมโออินโนซิทอล (Myoinositol) และปฏิกิริยาของโซเดียมโพแทสเซียมเอทีพีเอส (Na/K ATPase) ลดน้อยลง ซึ่งมีผลต่อหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

2. กลไกของไดอะซิลกลีเซอรอลโปรตีนไคเนสซี (Diacylglycerol-protein kinase C) การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนไคเนสซีจะทำให้ไดอะซิลกลีเซอรอลในเนื้อเยื่อเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีผลต่อการตอบสนองของหลอดเลือด กล่าวคือ เมื่อระดับน้ำตาลสูงขึ้นก็จะทำให้เซลล์ของหลอดเลือด ทั้งเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ และเซลล์บุผนังหลอดเลือดผลิตไดอะซิลกลีเซอรอลมากขึ้น จากการเพาะเลี้ยงเซลล์ของหลอดเลือด พบว่า จะทำให้มีผลต่อการหลั่งสารจากเซลล์หลอดเลือดซึ่งรวมถึงโกรทแฟกเตอร์ (Growth factor) ไซโตไคน์ (Cytokines) และโปรตีนไซโทสเกเลตัล (Cytoskeletal protein) สารเหล่านี้ล้วนสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปลักษณะของหลอดเลือดอย่างช้าๆ โดยยากที่คืนกลับสู่สภาพเดิมถึงแม้ภาวะน้ำตาลกลับสู่ระดับปกติก็ตาม

3. กลไกของนอนเอนไซมาติกไกลโคซิเลชัน (Nonenzymatic glycosylation pathway) เชื่อว่าน้ำตาลจะเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ของนอนเอนไซมาติก ไกลโคซิเลชัน เช่น ไกลโคซิเลท ฮีโมโกลบิน และในที่สุดเกิดเป็นพวกแอดวานด์ไกลโคซิเลชันเอนโดโปรดักซ์ (Advanced glycosylation end-products; AGE) โดยปฏิกิริยาทางเคมีเป็นไปอย่างไม่คืนกลับ (Irreversible) แอดวานด์ไกลโคซิเลชันเอนโดโปรดักซ์นี้จะสะสมอยู่ ทำให้ผนังหลอดเลือดหนาขึ้น แอดวานด์ไกลโคซิเลชันเอนโดโปรดักซ์ที่หลั่งเข้าสู่กระแสเลือดยังทำให้หน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือดเปลี่ยนไป โดยไปร่วมกับแมคโครฟาจ (Macrophages) เป็นผลทำให้มีปฏิกิริยาตอบสนองโดยมีการหลั่งสารหลายชนิดเพิ่มขึ้น เช่น ทูเมอร์เนโครซิสแฟกเตอร์ (Tumor necrosis factor; TNF) อินเตอร์ลิวคินวัน (Interleukin-1; IL1) และไซโตไคน์อื่นๆ เป็นผลให้มีการเพิ่มการซึมผ่านของหลอดเลือด (Vascular permeability) และเปลี่ยนแปลงสถานะการแข็งตัวของเม็ดเลือด การทดลอง

ฉีดสารแอดวานต์ไกลโคไซด์เช่นเอน โพรดักซ์ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือดคล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงหลอดเลือดที่พบในเบาหวาน

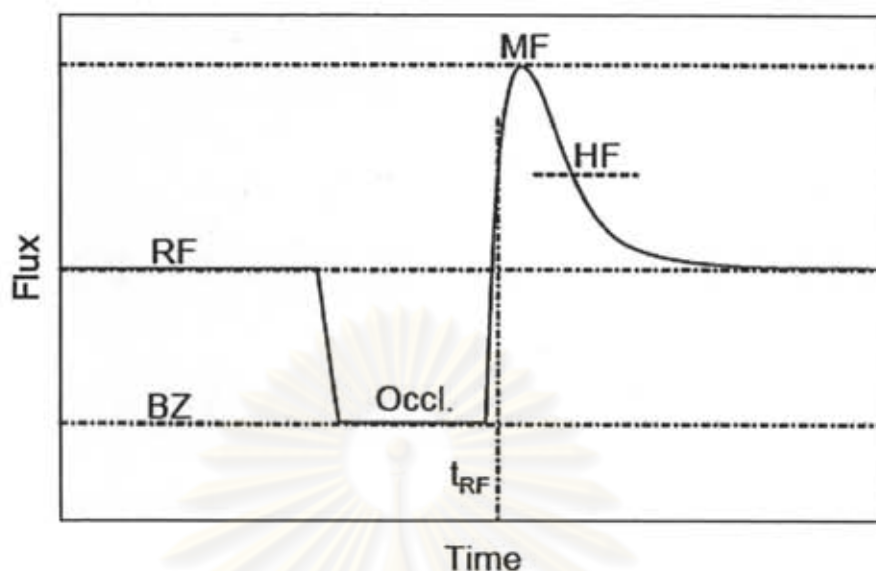
ดังนั้นการเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดมีผลกระทบต่อกลไกของหลอดเลือดได้หลายทาง โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของหลอดเลือด ซึ่งจะนำไปสู่รูปลักษณ์ของหลอดเลือดที่พบในผู้ป่วยเบาหวานตลอดจนสัตว์ทดลอง ถึงแม้ว่ากลไกที่แท้จริงยังไม่ทราบแน่ชัดและเชื่อว่าน่าจะเป็นมากกว่าหนึ่งกลไกขึ้นไปที่ทำให้หลอดเลือดในผู้ป่วยเบาหวานเปลี่ยนแปลง

### การประเมินหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

การศึกษาการทำลายเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดในสัตว์ทดลองและในมนุษย์มีหลายวิธี ได้แก่ การศึกษาการสูญเสียหน้าที่ในการหดยาตัวของหลอดเลือด การเกาะติดของเม็ดเลือดขาวบนผิวหลอดเลือด ความผิดปกติในการสร้างสารสื่อ (Mediators) ต่างๆ เช่น ไนตริกออกไซด์ ( $\text{NO}_x$ ) แบริคตินิน (Bradykinin) เอนโดทีลิน (Endothelin) การสร้างแผ่นลิ่มเลือด (Platelet-thrombus) และการแทรกผ่านของเซลล์ (Cell infiltration) เพิ่มขึ้น เป็นต้น โดยการประเมินหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีการหลักคือ

การประเมินโดยไม่ต้องทำการเจาะเลือด (Non-invasive method) (Fernando, 2005) การตรวจด้วยเลเซอร์คอปเลอร์ถือเป็นวิธีการหนึ่ง ซึ่งใช้แสงเลเซอร์ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง (Optical fiber) โดยทั่วไปการตรวจด้วยวิธีนี้แสงเลเซอร์จากโพรบ (Probe) จะส่องผ่านไปยังเนื้อเยื่อ โดยมีส่วนที่ทำหน้าที่ส่องผ่านไปยังเนื้อเยื่อ (Illuminating fibre) และส่วนที่ทำการรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมา (Detecting fibre) หลักการทำงานของอุปกรณ์ชนิดนี้คือส่งแสงเลเซอร์ผ่านไปยังเซลล์เม็ดเลือดแดงที่เคลื่อนที่ของชั้นคิวทาเนียส และรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมาโดยอาศัยหลักการคอปเลอร์ ทำให้เราสามารถทราบอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสได้ วิธีที่ไม่ยุ่งยากและนิยมทำกันด้วยเลเซอร์คอปเลอร์ คือการใช้วิธีการปิดกั้น (Post occlusive reactive hyperemia; PORH) โดยทำการปิดกั้นด้วยคัพฟี (Cuff) บริเวณเส้นเลือดอาร์เทอร์ช่วงหนึ่ง แล้วจึงคลายการปิดกั้นออก (ดังแสดงในรูปที่ 1) วิธีนี้สามารถทราบถึงความสามารถในการตอบสนองของเซลล์บุผนังหลอดเลือดของหลอดเลือดแดงขนาดเล็กได้ (Microvascular) ได้



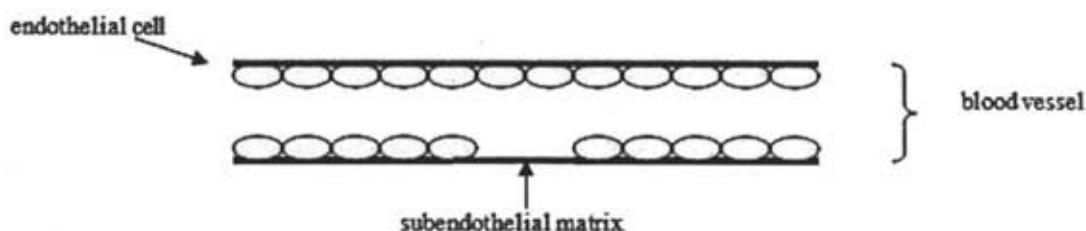


**รูปที่ 1** แสดงการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส (ฟลักซ์) ในช่วงเวลาต่างกันของการใช้วิธีการปิดกั้นแสดงระดับการไหลที่เป็นศูนย์ (Biological zero; BZ) อัตราการไหลของเลือดก่อนการปิดกั้นด้วยคัทไฟ (Resting flow; RF) อัตราการไหลของเลือดขณะทำการปิดกั้น (Occlusion period; Occl.) อัตราการไหลของเลือดสูงสุดขณะที่มีการคลายการปิดกั้นอย่างรวดเร็ว (Maximum flow; MF) อัตราการไหลของเลือดเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการไหลขณะพักและขณะที่มีการไหลของเลือดสูงสุด (Half flow; HF) และช่วงเวลาที่ใช้ตั้งแต่การคลายการปิดกั้นอย่างรวดเร็วถึงช่วงที่มีอัตราการไหลของเลือดสูงสุด (Time of cross point with RF; TRF)

ที่มา: Fernando, 2005

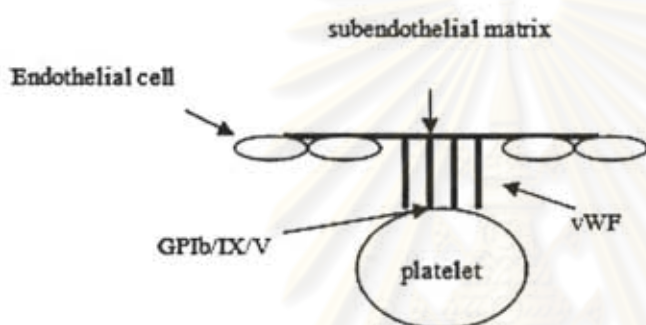
การประเมิน โดยทำการเจาะเลือด (Invasive method) การตรวจวอนวิลลิแบนแฟคเตอร์ นับเป็นวิธีการหนึ่ง (Lip et al., 1997) โดยวอนวิลลิแบนแฟคเตอร์ ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือดขั้นปฐมภูมิ (Primary hemostasis) เมื่อหลอดเลือดเกิดการฉีกขาดและเสียหายจะเกิดการเปิดของชั้นใต้เซลล์บุผนังหลอดเลือด (Subendothelial matrix) จะกระตุ้นให้เกิดการเข้ามาเกาะของเกล็ดเลือด เพื่ออุดรอยรั่วของหลอดเลือด (Platelet adhesion) การเข้ามาเกาะของหลอดเลือดกับชั้นใต้เซลล์บุผนังหลอดเลือดอาศัยวอนวิลลิแบนแฟคเตอร์เป็นตัวเชื่อม โดยจะเข้าจับกับไกลโคโปรตีนคอมเพลกซ์ (Glycoprotein complex; GPIb/IX/V) ที่ผิวเซลล์ของเกล็ดเลือด ซึ่งสารวอนวิลลิแบนแฟคเตอร์นั้นสร้างมาจากเซลล์บุผนังหลอดเลือดเป็นส่วนมาก





รูปที่ 2 แสดงผนังหลอดเลือดเมื่อเกิดการฉีกขาด

ที่มา: Lip et al., 1997



รูปที่ 3 แสดงการเข้าจับกันระหว่างเกล็ดเลือดกับวอนวิลลิเบนแฟคเตอร์

ที่มา: Lip et al., 1997

หลังเกิดการเข้าเกาะกันระหว่างเกล็ดเลือดกับชั้นใต้เซลล์บุผนังหลอดเลือดแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเกิดการกระตุ้น (Platelet activation) ให้เกล็ดเลือดเข้ามาเกาะกลุ่มรวมกัน (Platelet aggregation) มากขึ้น โดยเกล็ดเลือดจะถูกกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์และปล่อยสาร (Platelet secretion) หลายชนิดออกมา เพื่อกระตุ้นการรวมกลุ่มกันและเปลี่ยนรูปร่างตัวเอง เช่น ทรอมโบเซน เอทู (Tromboxane A<sub>2</sub>) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างเพลทเลทแอกทิเวตติ้งแฟคเตอร์ (Platelet-activating factor; PAF) อะดีโนซีนไดฟอสเฟต (Adenosine diphosphate; ADP) เซโรโทนิน (serotonin) และแคลเซียม (Calcium) เป็นต้น

วอนวิลลิเบนแฟคเตอร์จึงเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการเกิดความผิดปกติของเซลล์บุผนังหลอดเลือดได้ (Badimon et al., 1993)

### 3. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

#### อนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระกับการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2

อนุมูลอิสระ คือ อะตอม โมเลกุล หรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง รวมถึงอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนของโลหะทรานซิชันส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังรวมถึงโมเลกุลของออกซิเจนซึ่งนับว่าเป็นอนุมูล เพราะมีอิเล็กตรอน จำนวน 2 อิเล็กตรอน แต่ละอิเล็กตรอนจะแยกกันอยู่เป็นอิเล็กตรอนเดี่ยวในแต่ละออร์บิทัล อนุมูลอิสระ และสารที่เกี่ยวข้องในทางชีววิทยา สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive oxygen species; ROS) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Reactive nitrogen species; RNS) และกลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive chlorine species; RCS) (โอภา วัชรกุลป์, 2549) อนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเกิดโรค ทั้งเป็นต้นเหตุของการเกิดโรค และเป็นปัจจัยทำให้โรคมัพัฒนาการอย่างรวดเร็วและมีความรุนแรงยิ่งขึ้น จากการที่อนุมูลอิสระมีความไวสูง ไม่คงตัว เนื่องจากมีอิเล็กตรอนเดี่ยวไว้คู่ ดังนั้นจึงพยายามหาอิเล็กตรอนมาคู่ทำให้มีความคงตัวขึ้น เป้าหมายแรกที่อนุมูลอิสระทำให้เกิดความเสียหายและเป็นสาเหตุของการเกิดโรคคือ ชีวโมเลกุลที่สำคัญในร่างกายที่ไวต่อการถูกออกซิไดซ์ ได้แก่ ลิพิดที่เป็นองค์ประกอบของเมมเบรน โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ รีเซพเตอร์ สารสื่อประสาท และดีเอ็นเอ ชีวโมเลกุลเหล่านี้มีอิเล็กตรอน หรืออะตอมไฮโดรเจนที่หลุดออกโดยง่าย ทำให้อนุมูลอิสระเข้าไปทำปฏิกิริยาโดยเข้าจับคู่กับอิเล็กตรอนของชีวโมเลกุล หรือดึงอิเล็กตรอน หรืออะตอมไฮโดรเจนออกจากชีวโมเลกุลนั้นๆ กล่าวคือ ลิพิด โปรตีน และดีเอ็นเอ จะถูกออกซิไดซ์ได้โดยอนุมูลอิสระ อุบัติการณ์เหล่านี้ทำให้คุณสมบัติ และการทำงานของชีวโมเลกุลดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป เกิดความบกพร่อง หรือถูกทำลาย อันเป็นต้นเหตุของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ความไม่สมดุลของการเกิดและการต้านอนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระมากเกินไปและเกินสมดุล และเกิดภาวะที่เซลล์และร่างกายถูกออกซิไดซ์ เรียกภาวะนี้ว่า ภาวะออกซิเดทีฟ สเตรส (Oxidative stress) ภาวะดังกล่าวมีบทบาทก่อให้เกิดโรคต่างๆ ได้แก่ การผนังหลอดเลือดแดงหนาและมีความยืดหยุ่นน้อยลงเนื่องจากการสะสมไขมันที่ผนังหลอดเลือด ทำให้หลอดเลือดตีบตันเกิดภาวะขาดเลือดชั่วคราวที่สมองและหัวใจ โรคเกี่ยวกับการเสื่อมของประสาท โรคภูมิแพ้และโรคมะเร็ง เป็นต้น นอกจากนี้การมีปริมาณอนุมูลอิสระที่ไม่สมดุลยังสัมพันธ์กับลักษณะโรคหรืออาการผิดปกติอื่นๆ ดังนี้ โรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน อาการสมองและไขสันหลังอักเสบจากโรคภูมิแพ้ โรคเนื้องอกเรื้อรังคาวานซินโดรม (Down's syndrome) โรคตับอักเสบ โรคข้ออักเสบ การติดเชื้อเอชไอวี ภาวะแทรกซ้อนอื่นเนื่องมาจากเป็นโรคเบาหวาน โรคคอกระจง และแผลเปื่อย



ภาวะที่ร่างกายถูกออกซิโคไซด์หรือมีอนุมูลอิสระมากเกินไปจนกลายเป็นผลมาจาก 2 ปัจจัยหลัก คือ

1. การลดลงของสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น การเกิดการกลายพันธุ์ซึ่งมีผลกระทบต่อเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ควบคุมป้องกันการเกิดออกซิเดชัน รวมทั้งสาเหตุทางโภชนาการ คือ ได้รับสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชันจากอาหารไม่เพียงพอ

2. การเกิดอนุมูลอิสระและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้น อนุมูลอิสระและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องจะเกิดขึ้นในภาวะต่างๆ เช่น การได้รับออกซิเจนในปริมาณที่สูง การได้รับสารเป็นพิษ อาหาร หรือมลพิษ หรือในภาวะที่ระบบที่มีการผลิตอนุมูลอิสระถูกกระตุ้น เช่นระบบภูมิคุ้มกันถูกกระตุ้น หรือภาวะอักเสบ

ผู้ป่วยที่มีระดับน้ำตาลในกระแสเลือดสูง ระดับน้ำตาลในกระแสเลือดที่สูงขึ้น ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเซลล์บุผนังหลอดเลือด การบาดเจ็บของเซลล์ดังกล่าวก่อให้เกิดการอักเสบของหลอดเลือดตามมา (Croce et al., 2006) มีรายงานว่า ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูญเสียหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Beckman et al., 2007) โดยกระตุ้นให้มีการสร้างสารในกลุ่มรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ และแอดวานซ์ไกลโคไซด์เลทเอนโพรดักต์ ส่งผลให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดไม่สามารถสร้างไนตริกออกไซด์เพื่อรักษาสมดุลของหลอดเลือด (Gutterman et al., 2002) ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง โรคไต โรคหลอดเลือดส่วนปลาย รวมทั้งมีผลต่อการหายของบาดแผลในผู้ป่วยโรคเบาหวานอีกด้วย (Kunz et al., 2006)

ในสิ่งมีชีวิตการที่ลิพิดถูกออกซิโคไซด์โดยอนุมูลอิสระเรียกว่า กระบวนการลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน เป็นกระบวนการที่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว และฟอสโฟลิพิดเกิดการเสื่อมสภาพหรือเสียหายจากการเกิดปฏิกิริยาถูกโซ่ ทำให้เกิดลิพิดไฮเปอร์ออกไซด์ขึ้นในเซลล์เมมเบรน หรือลิพิดในเลือด และในของเหลวในร่างกายอื่นๆ เป็นต้น อนุมูลอิสระเพียง 1 อนุโมลสามารถทำให้เกิดลิพิดเปอร์ออกไซด์เป็นจำนวนหลายร้อยโมเลกุลก่อนที่จะสิ้นสุดปฏิกิริยา เนื่องจากปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายกับเซลล์เมมเบรนที่ประกอบด้วยลิพิด 2 ชั้น และทำให้เกิดสารประกอบผลผลิตที่หลากหลาย ความเสียหายจะไม่ได้เกิดขึ้นกับเซลล์เมมเบรนเท่านั้น แต่จะขยายวงกว้างไปยังองค์ประกอบอื่นๆภายในเซลล์ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้อาจทำให้เกิดการตายของเซลล์ และการทำลายโมเลกุลของโปรตีน และดีเอ็นเอ เป็นเหตุทำให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆตามมา การเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันจะทำให้เกิดการเสื่อมสลายได้สารประกอบจำนวนมากได้แก่ ไฮโดรคาร์บอนต่างๆ เช่น อีเทน อีทีน และเพนเทน เป็นต้น รวมถึง คีโตน และอัลดีไฮด์ อัลดีไฮด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการเสื่อมสลายตัวที่มีความสำคัญคือมาลอนไดอัลดีไฮด์ ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดการเกิดปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชันได้

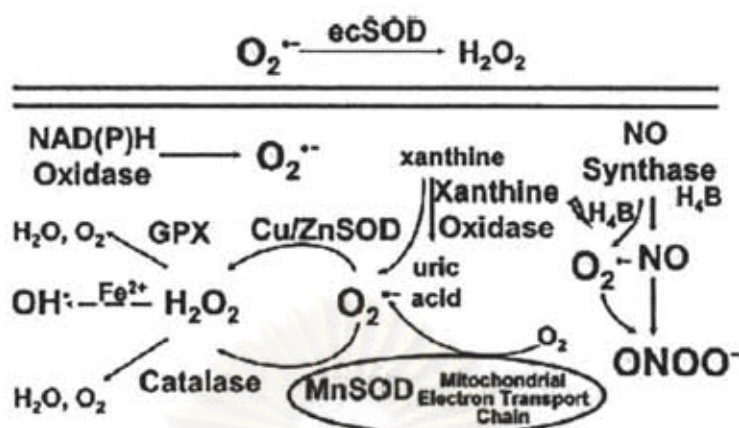


## การประเมินอนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

การวิเคราะห์หาปริมาณลิพิดเปอร์ออกซิเดชันมีหลายวิธี การหาปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางเพราะเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน การหาปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นทำได้โดยการเติมกรดไทโอบาร์บิทูริก ในภาวะกรดสารมาลอนไดอัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริกได้เป็นสารมีสีเรียกว่า ไทโอบาร์บิทูริกเอซิดรีแอคทีฟซับสแตนซ์ (Thiobarbituric acid reactive substance; TBARS) การหาปริมาณการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันโดยใช้ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เป็นดัชนีชี้วัด มีข้อเสียคือความไม่จำเพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามเนื่องจากวิธีนี้ทำได้ง่าย สะดวก และไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาสูง ดังนั้น มาลอนไดอัลดีไฮด์จึงยังคงเป็นวิธีที่นิยมใช้เป็นดัชนีชี้วัดภาวะออกซิเดชันของร่างกาย และมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ให้มีความเฉพาะเจาะจงโดยการวัดแสงฟลูออเรสเซนซ์

การตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ซูปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส และกลูต้าไทโอน เพอรอกซิเดส (Wassmann et al., 2004) ซูปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส เป็นสารต้านอนุมูลอิสระตัวหลักในการต่อต้านพวกลูเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารกลุ่มรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ในเซลล์หลอดเลือด ซูปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทสมี 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ แมงกานีสซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (MnSOD) ซึ่งอยู่ในไมโทคอนเดรีย คอปเปอร์ซิงค์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (CuZnSOD) ซึ่งอยู่ในไซโทพลาสซึม และ เอ็กตราเซลล์ลู่อูซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (ecSOD) ซึ่งอยู่ภายนอกเซลล์ กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส มักอยู่ในรูปที่จับตัวซีสทีเนียม มีส่วนสำคัญในการเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารกลุ่มรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และสารพวกลิพิดเปอร์ออกไซด์ (Lipid peroxides) ให้กลายเป็นน้ำและสารพวกลิพิดแอลกอฮอล์ (Lipid alcohols) หากขาด กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส อาจทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารพวกลิพิดเปอร์ออกไซด์ทำอันตรายแก่เซลล์ โดยเปลี่ยนเป็นสารไฮดรอกซิล และลิพิดเปอร์ออกซิลได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 แสดงการทำงานของซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส และกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส ในการควบคุมสารพวกริแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ ซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้สูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในเซลล์หลอดเลือด

ที่มา: Wassmann et al., 2004

#### 4. การออกกำลังกาย

หลักการออกกำลังกายทั่วไป (ACSM, 2006)

องค์ประกอบของการออกกำลังกายประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่

- การอบอุ่นร่างกาย ความเหมาะสมของการอบอุ่นร่างกายสามารถช่วยปรับปรุงสมรรถภาพและลดอันตรายจากการขาดเลือดมาเลี้ยงและการเสีจ้งหวะการเดินของหัวใจ
- ช่วงที่มีการกระตุ้น เป็นช่วงที่มีการออกกำลังกายโดยจะเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกหรือการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน
- การผ่อนคลาย จะให้ประโยชน์ในการช่วยกำจัดของเสียที่มาจากขบวนการเผาผลาญออกจากกล้ามเนื้อ

การอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลายเป็นช่วงของขบวนการเผาผลาญและระบบปอดและหัวใจปรับตัวจากพักไปเป็นการออกกำลังกายและการออกกำลังกายไปสู่ขณะพัก ดังนั้นชนิดที่เหมาะสมที่สุดของการอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลาย คือกิจกรรมที่คล้ายกับสภาพของกิจกรรมที่กระตุ้น โดยทำที่ความหนักประมาณ 50% ของความหนักที่กระตุ้น การอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลายควรจะทำประมาณ 5-15 นาที ขึ้นอยู่กับอายุและความเสี่ยงของแต่ละบุคคล

การเพิ่มความหนักของโปรแกรม (ACSM, 2006) โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1. ระยะเริ่มต้น (Initiation stage) ความหนักที่เหมาะสมอยู่ในช่วงของ 40% ของ  $VO_2$ reserve ระยะเวลา 12 นาที จนถึง 40 นาที
2. ระยะการปรับปรุง (Improvement stage) จะมีการเพิ่มขึ้นของความหนัก ระยะเวลาโดยทั่วไปความถี่และระยะเวลาจะไม่เพิ่มในสัปดาห์แรก
3. ระยะการรักษาสภาพ (Maintenance stage) จะคงการฝึกไว้ที่ระดับความหนัก 65-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ความถี่ 3 วันต่อสัปดาห์ เวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย 30 นาที

### หลักการออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2

การออกกำลังกายในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 เพื่อให้สามารถคุมระดับน้ำตาลในเลือดลดน้ำหนัก และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้นั้น ต้องออกกำลังกายด้วยความหนักระดับปานกลางถึงหนัก (ซึ่งจรรยาหมายในการออกกำลังกายเป็น 50-70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) อย่างน้อย 150 นาทีต่อสัปดาห์ และ/หรือออกกำลังกายหนักแบบแอโรบิก (ซึ่งจรรยาหมายในการออกกำลังกายมากกว่า 70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) และควรออกกำลังกายอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ โดยหยุดออกกำลังกายติดต่อกันไม่เกิน 2 วัน และผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อน แนะนำให้ออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (เช่น ยกน้ำหนัก หรือเล่นอุปกรณ์ที่มีน้ำหนัก เป็นต้น) จะทำให้เซลล์ไวต่ออินซูลินมากขึ้น และควรออกกำลังกายที่เน้นกล้ามเนื้อมัดใหญ่อย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งแต่ละเซตทำ 8 - 10 ครั้ง และทำต่อเนื่องจนครบ 3 เซต (American Diabetes Association, 2007)

หลักการออกกำลังกายแอโรบิกในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 นั้นปริมาณและความหนักของการออกกำลังกายแอโรบิกมีหลากหลาย ขึ้นอยู่กับเป้าหมายดังนี้ (Sigal et al., 2007)

- เพื่อพัฒนาการควบคุมระดับน้ำตาล จะมีส่วนสัมพันธ์กับการควบคุมน้ำหนัก แนะนำว่าควรออกกำลังกายอย่างน้อย 150 นาทีต่อสัปดาห์สำหรับการออกกำลังกายในความหนักระดับปานกลาง (40-60% ของ  $VO_2$ max หรือ 50-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด) หรืออย่างน้อย 90 นาทีต่อสัปดาห์ ถ้าเป็นการออกกำลังกายในระดับความหนักสูง (มากกว่า 60 % ของ  $VO_2$ max หรือ มากกว่า 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด) ลักษณะรูปแบบการออกกำลังกายควรมีความหลากหลาย การออกกำลังกายควรทำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์
- เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือด การออกกำลังกายควรมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ สำหรับการออกกำลังกายในความหนักระดับปานกลางและความหนักระดับสูง



- เพื่อการควบคุมน้ำหนักในระยะยาว เวลาการออกกำลังกายคือ 7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ขึ้นไปให้ผลที่ดีที่สุดสำหรับการออกกำลังกายในความหนักระดับปานกลางและความหนักระดับสูง

### หลักการออกกำลังกายแบบแอโรบิกแบบทั่วไป

การออกกำลังกายแบบแอโรบิก คือการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อซึ่งต้องใช้ออกซิเจนช่วยในการสันดาป เป็นการฝึกที่ใช้ระยะเวลานานติดต่อกันอย่างน้อย 20 นาที (ACSM, 2006)

### ประเภทของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของการเผาผลาญพลังงานเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการเผาผลาญพลังงานของกล้ามเนื้อซึ่งต้องใช้ออกซิเจนช่วยในการสันดาป เป็นการฝึกที่ใช้ระยะเวลานานติดต่อกันอย่างน้อย 20 นาที (ACSM, 2006) และการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic exercise) จะไม่ใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญพลังงาน (วีรพัฒน์ ยอดกมลศาสตร์, 2550)

โปรแกรมการออกกำลังกายจะประกอบไปด้วยความถี่ ความหนัก ระยะเวลา และชนิดของการออกกำลังกาย โดยสมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา; เอซีเอสเอ็ม (The American College of Sports Medicine; ACSM) ได้แนะนำเพื่อที่จะเพิ่มสมรรถภาพทางด้านระบบการหายใจและหัวใจ ได้แก่

- ความถี่ 3-5 วัน/สัปดาห์

- ความหนัก 65-95% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด หรือ 50-85% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสำรอง ( $VO_2$  reserve หรือ Heart rate reserve) สำหรับบุคคลที่ไม่แข็งแรงควรใช้ความหนักประมาณ 40-49% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสำรอง หรือประมาณ 55-65% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

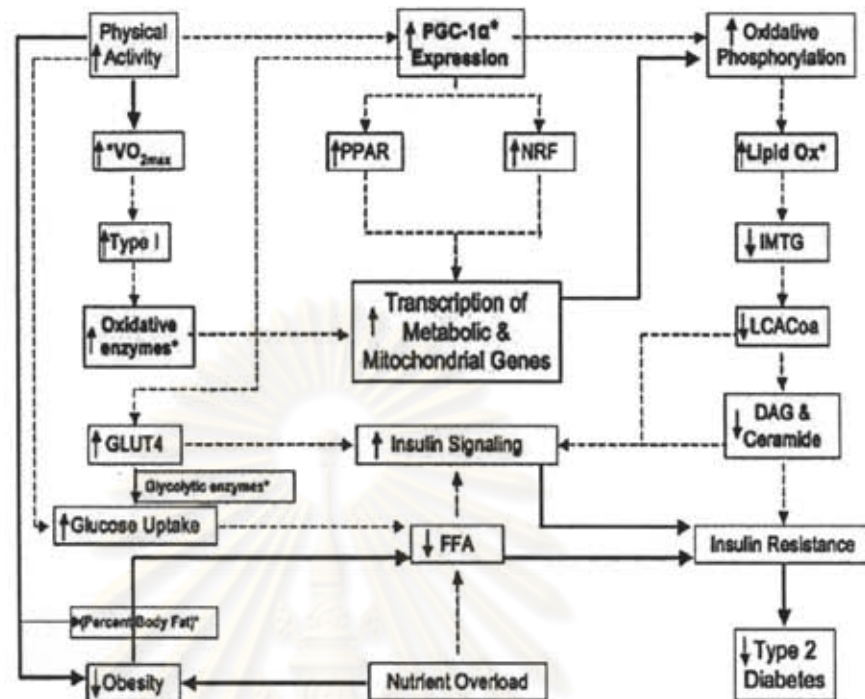
- เวลา 20-60 นาที และต้องเป็นกิจกรรมที่ทำต่อเนื่อง

ระดับความหนักของการฝึกที่จะเริ่มมีการปรับตัวของความแข็งแรงของระบบหายใจและหัวใจประมาณนั้นอยู่ที่ประมาณ 50% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสำรอง หรือประมาณ 65% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สำหรับผู้ที่ไม่แข็งแรงผลที่ได้รับจะเห็นเมื่อฝึกที่ระดับความหนัก 40% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสำรอง

**การออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา: การฝึกที่ช่วยฟื้นฟูทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยก่อนเป็นเบาหวาน (Pre-diabetes) (Earnest, 2008)**

การออกกำลังกายแอโรบิกโดยทั่วไปเป็นการออกกำลังกายที่ต้องทำต่อเนื่องด้วยความหนักของงานที่ใกล้เคียงกันตลอดการฝึก แต่การออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา มีหลักการว่าเป็นการออกกำลังกายที่มีช่วงการออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูง [ทำได้ตั้งแต่ 15 วินาทีจนถึง 4 นาที โดยออกกำลังกายที่ระดับความหนักในช่วง 80-95% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_{2max}$ )] สลับกับช่วงการลดระดับความหนัก (ประมาณ 60-70% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด) โดยสลับกันไปเรื่อยๆ ซึ่งช่วงที่ลดระดับความหนักนี้อาจใช้เวลาเท่ากับช่วงการออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงหรือมากกว่านี้ แม้ว่าผลการฝึกโดยรวมของการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาเป็นการใช้พลังงานแบบแอโรบิก แต่ช่วงของการเปลี่ยนกลับไปมาของความหนักระดับสูง และความหนักระดับที่ต่ำลงมาทำให้เกิดเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในช่วงแอนแอโรบิก ซึ่งมีผลช่วยผลักดันให้ไมโทคอนเดรียมีประสิทธิภาพมากกว่าในการพัฒนาความจุในการออกกำลังกาย การสร้างไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial biogenesis) เอนไซม์ที่เป็นตัวชี้วัดการเกิดปฏิกิริยาไกลโคไลซิส (Glycolysis) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สลายน้ำตาลกลูโคส การใช้พลังงานแบบแอโรบิก และการเกิดปฏิกิริยาเบต้าออกซิเดชัน (Beta-oxidation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สลายกรดไขมัน

ตัวชี้วัดที่สำคัญได้แก่ ตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงการสร้างไมโทคอนเดรีย คือพีจีซีวันแอลฟา (PGC-1alpha) ตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงปฏิกิริยาไกลโคไลซิส ได้แก่ เฮกโซไคเนส (Hexokinase) และฟอสโฟฟรุกโตไคเนส (Phosphofruktokinase; PFK) ตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงปฏิกิริยาเครปส์ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่อยู่ในไมโทคอนเดรียเป็นปฏิกิริยาที่รับอะซิติลโคเอ (Acetyl-coA) ที่ได้จากการสลายคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ได้แก่ ซิเทรทซินเทส (Citrate synthase) และมาเลทดีไฮโดรจีเนส (Malate dehydrogenase) และตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงปฏิกิริยาเบต้าออกซิเดชัน (การสลายกรดไขมัน) คือ เบต้าไฮดรอกซีเอซิลโคเอดีไฮโดรจีเนส (Beta-Hydroxyacyl CoA dehydrogenase) ตัวชี้วัดเหล่านี้เองเป็นส่วนสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงผลที่ทำให้ผู้ป่วยในภาวะก่อนที่จะเป็นเบาหวานมีการฟื้นฟูสภาพการณ์การเป็นเบาหวานได้ดีขึ้นจากการได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา โดยสามารถเห็นถึงวงจรการฟื้นฟูสภาพการณ์การเป็นเบาหวานได้ดังแผนภาพ



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงการฟื้นฟูสภาพการเป็นเบาหวานชนิดที่ 2  
ที่มา: Earnest, 2008

### การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน

การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน คือการออกกำลังกายรูปแบบหนึ่งที่ใช้แรงต้านกับการออกแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ประเภทของการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน (Baechle and Earle, 2000)

การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ไอโซเมตริก (Isometric exercise) เป็นการออกกำลังกายแบบที่ไม่มีการเพิ่มความแข็งแรงตลอดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ และไม่มีการปรับปรุงความสามารถที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็ว ในนักกีฬานั้นบางครั้งจะใช้ไอโซเมตริกเพื่อช่วยในการเอาชนะจุดยึดเกาะ (Stick point) ของมุมมององศาการเคลื่อนไหวของการออกกำลังกาย

2. ไอโซโทนิค (Isotonic exercise) เป็นเทคนิคที่ใช้เป็นส่วนใหญ่ในนักกีฬาและผู้ฝึกสอน ไอโซโทนิคเป็นวิธีที่ประกอบด้วยความคงที่ ตัวแปร เอ็กเซนตริก (Eccentric) พลัส ไอเมตริก (Plyometric) และความเร็วของแรงต้าน



ความคงที่ของการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน จะเป็นความหนักที่ได้รับความคงที่สม่ำเสมอ แต่ยากที่จะเอาชนะแรงต้านที่ผันแปรไปกับมุมของข้อต่อ ยกตัวอย่างเช่น การยกน้ำหนักในท่าเบนช์เพรส (Bench press) จะง่ายต่อการเคลื่อนไหวของน้ำหนักในท่าจบของมุมการเคลื่อนไหวมากกว่าตอนที่น้ำหนักอยู่ที่อก บาร์เบล (Barbell) และคัมเบลล์ (Dumbbells) เป็นอุปกรณ์ที่มีความคงที่และต่อเนื่องซึ่งขึ้นอยู่กับความแข็งแรงและกำลังสูงสุดที่สามารถแสดงออกมาได้

ตัวแปรในการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านถูกสร้างขึ้นโดยการออกแบบเครื่องยกน้ำหนักที่จะช่วยกำหนดการเพิ่มน้ำหนักตลอดมุมการเคลื่อนไหว เพื่อให้มีความกดดันคงที่มากกว่าที่เกิดบนกล้ามเนื้อ การทำให้สมบูรณ์โดยการเปลี่ยนความสัมพันธ์ของคานและจุดที่ตั้งฉากระหว่างจุดรองน้ำหนักของคานถึงจุดที่น้ำหนักมากระทบ ในเครื่องยกน้ำหนักเหมือนกับการเพิ่มการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ

การฝึกแบบพลัย โอเมตริก เป็นการฝึกแบบพลังระเบิดซึ่งกล้ามเนื้อได้รับความหนักอย่างรวดเร็วและรับแรงการดึงขยายก่อนที่จะสามารถหดตัวและทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ยกตัวอย่างเช่น การกระโดดจากกล่องลงสู่พื้น หรือการกระโดดข้ามกล่อง อย่างไรก็ตาม การฝึกแบบพลัย โอเมตริก ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการกระโดด แต่จะเพิ่มความเสี่ยงของการบาดเจ็บได้เหมือนกัน การฝึกแบบพลัย โอเมตริก ได้รับความนิยมในนักกีฬากีฬาประเภทลู่วิ่งและลาน แต่หลายงานวิจัยต้องได้รับการประเมินถึงประสิทธิภาพของความปลอดภัย

การรับรู้ภายในร่างกายของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular) คือการออกกำลังกายที่มีแรงต้านที่มีการใช้ประโยชน์จากการผสมผสานแบบไอโซโทนิค และไอโซเมตริก เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวางโดยนักกายภาพบำบัดและผู้ฝึกนักกีฬาในการรักษาและป้องกันการบาดเจ็บ

3. ไอโซคิเนติก (Isokinetic exercise) การออกกำลังกายแบบไอโซคิเนติกเป็นการควบคุมอัตราของการทำให้กล้ามเนื้อหดสั้นลง บางครั้งเรียกว่าแรงต้านที่ช่วยเหลือ เพราะแรงพยายามที่จะต่อต้านโดยเท่ากับแรงจากเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การฝึกแบบไอโซคิเนติกกลายเป็นที่นิยมในการฝึกเพราะมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของข้อต่อน้อย นอกจากนั้นเครื่องวัดกำลัง ไอโซคิเนติกมีการให้ความเร็วเฉพาะเจาะจง เป็นการบอกถึงความแข็งแรงสมบูรณ์ของกลุ่มกล้ามเนื้อ ซึ่งประสิทธิภาพการได้รับความแข็งแรงมากที่สุดมาจากการฝึกที่ใช้ความเร็วที่ช้า

**การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 (Sigal et al., 2007)**

การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ควรทำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป้าหมายคือการฝึกกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ สามารถฝึกได้ตั้งแต่ในช่วง 8-10 ครั้ง โดยใช้น้ำหนักที่ไม่สามารถยกได้มากกว่านั้น ความสำคัญในการออกแรงคือต้องเน้นท่าทางที่ถูกต้องเป็นหลัก

การออกกำลังกายชนิดนี้โดยฝึกแบบความหนักระดับสูงอาจไม่เหมาะสมในผู้ป่วยที่มีภาวะโรคหลอดเลือดและหัวใจร่วมด้วย เพราะอาจไปกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตอย่างรวดเร็ว เกิดภาวะแน่นหน้าอก และทำให้เป็นอันตรายได้ การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านจึงควรอยู่ในความดูแลของแพทย์และผู้เชี่ยวชาญ

### **สมรรถภาพทางกาย**

สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถในการควบคุมร่างกายและการทำงานของร่างกายได้ทันที และได้นาน โดยไม่เสื่อมสมรรถภาพ (อภิชัย คงเสรีพงศ์ และจิตติศักดิ์ หะวานนท์, 2537)

สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการที่จะปฏิบัติหน้าที่ประจำวันในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่มีความเหน็ดเหนื่อยอ่อนแอจนเกินไป สามารถสงวนและถนอมกำลังไว้ใช้ในยามฉุกเฉิน และใช้เวลาว่างเพื่อความสนุกสนานและความบันเทิงในชีวิตตนเองด้วย (เจริญทัศน์ จินตนาเสรี, 2521)

ประเภทของสมรรถภาพทางกาย (ครุณวรรณ สุขสม และอาพรณชนิด ศิริแพทย์, 2550)

สมรรถภาพทางกาย แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. สมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับสุขภาพ (Health related physical fitness) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1.1 สัดส่วนของร่างกาย (Body composition)

1.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength)

1.3 ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance)

1.4 ความอ่อนตัว (Flexibility)

1.5 ความอดทนของระบบหัวใจ และหายใจ (Cardiorespiratory endurance)

2. สมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับทักษะ (Skill related physical fitness) ประกอบด้วย 10 องค์ประกอบดังนี้

2.1 สัดส่วนของร่างกาย (Body composition)

2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength)



- 2.3 ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance)
- 2.4 ความอ่อนตัว (Flexibility)
- 2.5 ความอดทนของระบบหัวใจ และหายใจ (Cardiorespiratory endurance)
- 2.6 กำลัง (Power)
- 2.7 ความเร็ว (Speed)
- 2.8 ความคล่องตัว (Agility)
- 2.9 ปฏิกริยาตอบสนอง (Reaction time)
- 2.10 การทรงตัว (Balance)

องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับสุขสมรรถนะหรือสุขภาพ ประกอบด้วย (Heyward VH., 1997)

1. สัดส่วนของร่างกาย หมายถึง องค์ประกอบที่มีอยู่ในร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักร่างกายปลอดไขมัน (Lean body mass) ไขมันร่างกาย (Body fat) และส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน (กระดูก กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่ออื่นๆ) ทดสอบได้โดยวิธีการทางห้องปฏิบัติการ (Laboratory methods) ได้แก่ การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (Hydrostatic Weighing) การใช้เครื่อง Dual-Energy X-ray absorptiometry เป็นต้น หรือทดสอบได้โดยวิธีการทางภาคสนาม (Field methods) ได้แก่ การวัดไขมันใต้ผิวหนังโดยใช้สกินโฟลด์แคลิเปอร์ (Skinfold caliper) และวิธี Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) โดยใช้เครื่อง BIA analyzer

2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำให้เกิดแรงดึงสูงสุด ทดสอบได้โดยวิธีไอโซเมตริก ได้แก่ การวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อแขนและมือโดยเครื่องวัดแรงบีบมือ (Hand grip dynamometer) การวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อหลังและขาโดยเครื่องวัดแรงดึงหลังและขา (Back and leg dynamometer) เป็นต้น หรือทดสอบได้โดยวิธีไดนามิก (Dynamic muscle testing) ได้แก่ การวัดน้ำหนักสูงสุดที่สามารถดันหรือดึงได้ใน 1 ครั้ง (1 RM) การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนด้วยเครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic dynamometer) เป็นต้น

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงทำงานได้ต่อเนื่องช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทดสอบได้โดยการวัดความอดทนของกล้ามเนื้อหน้าท้องโดยการลุกนั่ง (Sit-up) การวัดความอดทนของกล้ามเนื้อแขนโดยการดันพื้น (Push up) หรือการดึงข้อ (Pull up) / ดึงข้ออศอก (Flex Arms hang) และการวัดความอดทนของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนด้วยเครื่องไอโซไคเนติก เป็นต้น



4. ความอ่อนตัว หมายถึง พิกัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ หรือความสามารถของข้อต่อในการเคลื่อนไหวได้อย่างกว้างขวาง ทดสอบได้โดยการวัดโดยตรง (Direct method) ด้วยเครื่องวัดมุม (Goniometer/Flexometer) หรือทดสอบได้โดยการวัดโดยอ้อม (Indirect method) โดยการทดสอบนั่งเหยียดขาพับตัว (Sit and reach test)

5. ความอดทนของระบบหัวใจ และหายใจ หมายถึง ความสามารถในการทำงานของหัวใจ ปอด หลอดเลือด และเซลล์ต่างๆ ในการทำให้มีการไหลเวียนเลือดและนำออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ รวมถึงความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะใช้ออกซิเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการระบายของเสียออกจากกล้ามเนื้อ ส่วนใหญ่ใช้การทดสอบหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption) เป็นค่าที่สำคัญทดสอบได้โดยการออกกำลังกายสูงสุด (Maximal exercise test) ด้วยวิธีการเดิน/วิ่งบนลู่วิ่งของบรูซ (Bruce treadmill protocol) วิธีการเดิน/วิ่งบนลู่วิ่งของบัลเก้ (Balke treadmill protocol) วิธีการปั่นจักรยาน (Bicycle ergometer exercise test protocol) ของออสตรานด์ (Astrand) ฟอกซ์ (Fox) และแมคอาเดิล (MacArdle) หรือทดสอบได้โดยการออกกำลังกายเกือบสูงสุด (Submaximal exercise test) แล้วใช้อัตราการเต้นของหัวใจทำนายค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ได้แก่ วิธีการเดิน/วิ่งบนลู่วิ่งของบรูซ (Bruce treadmill protocol) วิธีการปั่นจักรยาน (Bicycle ergometer exercise test protocol) ของออสตรานด์ (Astrand) วายเอ็มซีเอ (YMCA) และสมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งประเทศไทยเป็นต้น

## 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### งานวิจัยภายในประเทศ

ฉวีวรรณ ดีช่วย (2542) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบไทจีววนต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และสมรรถนะทางแอโรบิกในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 16 คน (ผู้หญิง 11 คน ผู้ชาย 5 คน อายุเฉลี่ย  $58.81 \pm 5$  ปี) ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ โดยให้รับประทานยาหรือฉีดยารักษาเบาหวานตามปกติ และไม่มีการจำกัดจำนวนหรือชนิดของอาหารตลอดการทดลอง ทำการทดลองโดยให้ออกกำลังกายแบบไทจีววนครั้งละประมาณ 1 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ และทำการวัดน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ความอ่อนตัว ระดับน้ำตาลในเลือดระยะอดอาหาร ระดับน้ำตาลสะสม ระดับไขมันในเลือด และทดสอบสมรรถภาพของระบบหัวใจและการหายใจในช่วงสัปดาห์แรก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์สุดท้าย

ผลการทดลองพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น 34% ในสัปดาห์ที่ 8 และ 60% ในสัปดาห์ที่ 16 ผลของระดับน้ำตาลในเลือดระยะอดอาหารลดลง 15% และระดับน้ำตาลสะสมลดลง 13% เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และระดับไขมันในเลือด เมื่อทดสอบสมรรถนะของระบบหัวใจและการหายใจ ที่ระดับการออกกำลังกายสูงสุดพบว่า ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 10% และงานที่ทำได้สูงสุดเพิ่มขึ้น 12% ส่วนที่ระดับความหนักของการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติกในเลือด พบว่ามีค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น 12% และ 55% ของงานที่ทำได้ ขณะออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ที่ได้จากการทดสอบการออกกำลังกาย ซึ่งจัดเป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลาง

ครุณวรรณ สุขสม (2545) ได้ทำการศึกษาบทบาทของวิตามินซีและการฝึกการออกกำลังกายต่อการสูญเสียหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในหนูที่ถูกทำให้เป็นเบาหวาน ได้ทำการทดลองโดยแบ่งหนูเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เป็นโรคเบาหวาน กลุ่มที่เป็นโรคเบาหวานและให้วิตามินซี กลุ่มที่เป็นโรคเบาหวานและมีการวิ่งออกกำลังกาย และกลุ่มที่เป็นโรคเบาหวานซึ่งมีการให้วิตามินซีรวมทั้งออกกำลังกาย โดยศึกษาผลทางด้านสรีรวิทยา หลอดเลือด อนุโมลลิส และสารต้านอนุมูลอิสระ

ผลการทดลองพบว่า ภาวะเบาหวานเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเพิ่มการเกาะติดของเม็ดเลือดขาวต่อเซลล์บุผนังหลอดเลือด และลดการตอบสนองของหลอดเลือดแดงรองต่ออะเซทิล โคลีน ซึ่งเป็นสารขยายหลอดเลือดที่ทำงานผ่านเซลล์บุผนังหลอดเลือดทั้ง 12 และ 24 สัปดาห์ การเพิ่มขึ้นของการเกาะติดของเม็ดเลือดขาวนั้น ถูกทำให้ลดลงโดยการเสริมวิตามินซีและการฝึกออกกำลังกาย นอกจากนั้น การลดลงของการตอบสนองของหลอดเลือดต่อสารอะเซทิล โคลีนถูกบรรเทาโดยวิตามินซี อย่างไรก็ตาม การฝึกออกกำลังกายไม่มีผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือดต่อสารที่ทำงานผ่านเซลล์บุผนังหลอดเลือด วิตามินซีและการออกกำลังกายถูกพบว่า มีผลดีต่อภาวะออกซิเดทีฟ สเตรส และแอนติออกซิแดนซ์ หนูเบาหวานมีระดับมาลอนไดอัลดีไฮด์สูงและระดับเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทสต่ำอย่างมีนัยสำคัญกว่าหนูกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม มาลอนไดอัลดีไฮด์มีระดับต่ำลงเมื่อเทียบกับหนูเบาหวาน และไม่พบความแตกต่างของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทสระหว่างหนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับวิตามินซี กลุ่มเบาหวานที่ได้รับการออกกำลังกาย และกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ ยังพบว่า การลดลงของโปรตีนไนตริกออกไซด์ซินเทสในหนูเบาหวานถูกป้องกันด้วยการเสริมวิตามินซี เป็นที่น่าสนใจว่า พบบทบาทการป้องกันร่วมของการเสริม



วิตามินซีและการฝึกออกกำลังกายในหนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับทั้งวิตามินซีและการฝึกออกกำลังกาย โดยแสดงถึงประโยชน์ที่มากขึ้นทั้งต่อความสุขสมบูรณ์ของหัวใจและหลอดเลือด และต่อหน้าที่ของเซลล์เอนโดทีเลียม

นันทวัน โลหะบุตร (2545) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายระดับปานกลางก่อนอาหารเช้าและก่อนอาหารเย็น ต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 18 คน เป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 8 คน อายุระหว่าง 30-63 ปี มีการควบคุมเบาหวานอยู่ในระดับปานกลาง ( $HbA_{1c} < 8\%$ ) โดยได้รับการฝึกสอนให้ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานทดสอบทุกวัน ที่ความหนักระดับปานกลาง วันละ 1 ครั้งเป็นเวลา 30 นาที โดยแบ่งเป็นสามคาบ คาบแรกอาสาสมัครจะออกกำลังกายเป็นระยะเวลาสองสัปดาห์ ในช่วงเช้าหรือบ่ายก่อน โดยวิธีการสุ่ม จากนั้นหยุดพักสองสัปดาห์ในคาบที่สอง คาบที่สามให้ออกกำลังกายในช่วงเช้าหรือบ่ายที่เหลือต่ออีกสองสัปดาห์ ภายหลังเสร็จสิ้นการออกกำลังกายในแต่ละคาบ ได้ทำการตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือด ก่อนและหลังอาหารทุกมื้อ และก่อนเข้านอน ภายหลังการออกกำลังกายครั้งสุดท้าย อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการทดลองพบว่า ระดับฟรุกโตซามีนภายหลังออกกำลังกายก่อนอาหารเย็นสองสัปดาห์ของผู้ที่เป็นเบาหวานมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหาร ภายหลังออกกำลังกายก่อนอาหารเช้าสองสัปดาห์มีแนวโน้มลดลง และพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดก่อนและหลังมื้ออาหารต่างๆ ภายหลังการออกกำลังกาย 24 ชั่วโมงในคาบที่ออกกำลังกายตอนบ่าย มีแนวโน้มลดลงมากกว่าคาบที่ออกกำลังกายก่อนเช้า

สมพล สงวนรังสิริกุล (2547) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพผลของการฝึกการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีพยาธิสภาพของระบบประสาทออโตโนมิกของหัวใจที่ยังไม่แสดงอาการ จำนวน 91 ราย ซึ่งเป็นผู้ป่วยที่มีการตรวจพบความผิดปกติของการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติในระยะเริ่มแรก (ค่าคะแนนในการตรวจการทำงานของระบบประสาทออโตโนมิกของหัวใจมาตรฐาน อยู่ระหว่าง 1-2.5) แต่ยังไม่แสดงอาการทางคลินิก ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม เป็นกลุ่มควบคุม (47 ราย) และกลุ่มออกกำลังกาย (44 ราย) กลุ่มตัวอย่างทุกรายจะทำการตรวจวัด การทำงานของระบบประสาทออโตโนมิกของหัวใจมาตรฐาน ค่าการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายสูงสุด ( $VO_{2peak}$ ) และสารกลัยโคซิเลตฮีโมโกลบินเอวันซี ( $HbA_{1c}$ ) ในพลาสมา ก่อนและหลังการทดลอง การฝึกการออกกำลังกาย ทำโดยการใช้จักรยานวัดงาน หรือลู่วิ่ง ตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยความหนักของการออกกำลังกายอยู่ระหว่าง 50-60 เปอร์เซ็นต์ของความ



หนักสูงสุดของแต่ละบุคคล ระยะเวลาในการออกกำลังกายแต่ละครั้งอยู่ระหว่าง 30-60 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ การลดลงของคะแนนรวมในการตรวจการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจมาตรฐานเท่ากับ 1 หรือมากกว่า แสดงถึงการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจดีขึ้น

ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ มีผลการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานของหัวใจดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มออกกำลังกายดีขึ้น 10 ราย ในจำนวน 44 ราย (22.72%) ขณะที่กลุ่มควบคุมดีขึ้นเพียง 3 ราย จากทั้งหมด 47 ราย การนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายสูงสุด เพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มออกกำลังกายเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ไกลโคซิลเลทฮีโมโกลบิน ลดลงจากค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มออกกำลังกายเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

นฤมล ธิลาชวัฒน์ (2552) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน ต่อการลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยทำการออกกำลังกายต่อเนื่องนานประมาณ 30 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน รวม 8 สัปดาห์ แล้วดูผลเรื่องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

ผลการทดลองพบว่าระดับไกลโคซิลเลทฮีโมโกลบิน มีความลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ค่าความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลินมีค่ามากขึ้น

### งานวิจัยต่างประเทศ

มายโอราน่าและคณะ (Maiorana et al., 2001) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการผสมผสานการออกกำลังกายแอโรบิกกับการออกกำลังกายโดยให้แรงต้าน (ผสมผสานแบบทำเป็นวงจร) ที่มีต่อหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยทำการศึกษาในผู้ป่วยจำนวน 16 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกผสมผสานกับการออกกำลังกายโดยให้แรงต้าน โดยเริ่มต้นโดยการฝึกโดยใช้แรงต้านจำนวน 8 ท่า (ก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมผู้วิจัยถูกปรับพื้นฐานให้สามารถฝึกอยู่ได้ในระดับขั้นต่ำ 55-65% ของ 1 RM หลังจากนั้นตามด้วยการฝึกแอโรบิกโดยใช้จักรยานหรือลู่วิ่ง โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ความหนัก 70-85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ส่วนอีกกลุ่มไม่ได้รับการออกกำลังกายแต่อย่างใด ทำการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และวัดค่าเกี่ยวกับหน้าที่การทำงานของหลอดเลือด ได้แก่ ค่ากลีซีทริล ไทรไนเทรต (Glyceryl trinitrate) ในโตรพัสไซด์ (Nitroprusside) อาซีทิลโคลีน (acetylcholine) และการตรวจโดยใช้อุปกรณ์อัลตราซาวด์ความถี่สูง (High-resolution ultrasound machine) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง

ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกผสมผสานกับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านให้ผลที่ดีกว่าในเรื่องการพัฒนาหน้าที่การทำงานของหลอดเลือด

คันทัน และคณะ (Dunstan et al., 2002) ได้ทำการศึกษาเรื่องการฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักระดับสูง เพื่อพัฒนาการควบคุมระดับน้ำตาล (Glycemic control) ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักระดับสูงที่มีผลต่อการพัฒนาการควบคุมระดับน้ำตาล และค่าสัดส่วนของร่างกาย โดยทำการศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีน้ำหนักเกิน และเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 มีอายุระหว่าง 60-80 ปี จำนวน 36 คน โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านผสมผสานกับโปรแกรมการลดน้ำหนัก โดยทำการฝึกโดยใช้แรงต้านเป็นเวลา 45 นาที โดยเริ่มการฝึกในช่วง 2 สัปดาห์แรกที่ความหนัก 50-60% ของ 1 RM และมีเป้าหมายการฝึกอยู่ที่ระดับ 75-85% ของ 1 RM ทำการฝึก 9 ท่า ท่าละ 3 เซต เซตละ 8-10 ครั้ง โดยใช้ทั้งอุปกรณ์ฟรีเวท และอุปกรณ์ใช้แรงต้าน ส่วนอีกกลุ่มได้รับโปรแกรมการลดน้ำหนักผสมผสานกับโปรแกรมที่ถูกควบคุม (เป็นโปรแกรมที่ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ) โดยให้กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโปรแกรมเป็นระยะเวลา 6 เดือน แล้วทำการตรวจวัดค่าการพัฒนาการควบคุมระดับน้ำตาล และค่าสัดส่วนของร่างกาย ก่อนทำการทดลอง หลังทำการทดลองไปแล้ว 3 เดือน และหลังทำการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า ระดับค่าไกลโคซิเลทฮีโมโกลบินของกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านผสมผสานกับโปรแกรมการลดน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญมากกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการลดน้ำหนักผสมผสานกับโปรแกรมที่ถูกควบคุมทั้งในระยะหลังทำการทดลอง 3 เดือน และหลังทำการทดลอง ส่วนค่าน้ำหนักตัว และมวลไขมันในร่างกาย มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านผสมผสานกับโปรแกรมลดน้ำหนัก

ฮูลเทนและคณะ (Holten et al., 2004) ได้ทำการศึกษาเรื่องการฝึกความแข็งแรงเพื่อเพิ่มตัวรับอินซูลินในกล้ามเนื้อโครงร่างของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยจำนวน 10 คน และกลุ่มควบคุมเป็นผู้ที่มีสุขภาพดีจำนวน 7 คน ซึ่งทั้งสองกลุ่มได้รับการออกกำลังกายเพื่อฝึกความแข็งแรงที่ขาเพียงหนึ่งข้าง ส่วนขาอีกข้างไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด การฝึกใช้ความถี่ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ความหนักอยู่ในช่วง 10-20 RM และใช้ระยะเวลาไม่เกิน 30 นาทีต่อครั้ง ทำการวัดการไหลเวียนของเลือดที่ขา และปริมาณตัวรับอินซูลิน ในช่วงก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



ผลการทดลองพบว่า ทั้งกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานและกลุ่มผู้ที่สุขภาพดีให้ผลที่คล้ายคลึงกัน คือขาข้างที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของการไหลเวียนของเลือดที่ขา และปริมาณตัวรับอินซูลินมากกว่าขาที่ไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด

โกเฮนและคณะ (Cohen et al., 2008) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาของหน้าที่การทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อหลังจากออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยศึกษาในผู้ป่วยจำนวน 28 คน และแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการดูแลที่ศูนย์ออกกำลังกาย และกลุ่มที่กลับไปฝึกเองที่บ้าน ซึ่งใช้เวลาในการฝึก 14 เดือน โดยโปรแกรมการฝึกคือฝึกโดยใช้แรงต้านเป็นเวลา 45 นาที ทำการฝึกที่ความหนักเริ่มต้น 50-60% ของ 1 RM และมีเป้าหมายจนไปถึงความหนัก 75-85% ของ 1 RM แล้วทำการตรวจหน้าที่การทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อโดยใช้วิธีการเลเซอร์คอปเปอร์ในการประเมินการไหลของหลอดเลือดเล็กๆ ที่ผิวหนังที่ส่งผลกระทบต่อการบีบและหดตัวของหลอดเลือด ซึ่งวิธีการนี้ใช้ไอออนโตโพรซิซของอาซิทิลโคลีน (Iontophoresis of acetylcholine) และโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ (Sodium nitroprusside) ในการทดสอบ มีการวัดค่าไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน น้ำหนักตัว และความดันโลหิต โดยทำการวัดในช่วงก่อนทำการทดลอง ช่วงทำการทดลองไปแล้ว 2 เดือน และช่วงหลังทำการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า การวัดการตอบสนองของหลอดเลือดทั้งอาซิทิลโคลีนและโซเดียมไนโตรพรัสไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากผ่านการฝึก 14 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างไกลโคซีเลทฮีโมโกลบินและการวัดการตอบสนองของหลอดเลือดของอาซิทิลโคลีนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในช่วงก่อนการทดลอง และหลังจากผ่านการทดลองไปได้ 2 เดือน และมีความสัมพันธ์กันอย่างมากในช่วงที่ทำการวัดหลังสิ้นสุดการทดลอง

ไซกอลและคณะ (Sigal et al., 2007) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการฝึกแอโรบิก (แบบต่อเนื่อง) การฝึกโดยใช้แรงต้าน และการฝึกที่ผสมทั้งแอโรบิกและการใช้แรงต้าน ที่มีผลต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีอายุระหว่าง 39-70 ปี โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 22 สัปดาห์ และแบ่งการทดลองเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการฝึกแอโรบิกโดยฝึกโดยใช้ลู่วิ่งหรือจักรยานที่ความหนัก 60 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 15-20 นาที และตามด้วยการฝึกที่ความหนัก 75 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 45 นาที กลุ่มที่สองได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน ฝึกโดยใช้อุปกรณ์ยกน้ำหนักจำนวน 7 สถานี โดยทำการฝึกสถานีละ 2-3 เซต ฝึกเซตละ 6-9 RM กลุ่มที่สามได้รับการฝึกที่รวมการฝึกแอโรบิกกับการใช้แรงต้าน และกลุ่ม



สุดท้ายเป็นกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และทำการวัดค่าไกลโคซีเลท ฮีโมโกลบิน ค่าสัดส่วนของร่างกาย ปริมาณไขมันในเลือด และค่าความดันโลหิต

ผลการทดลองพบว่า กลุ่มการทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีการลดลงของค่าไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน ค่าสัดส่วนของร่างกาย ปริมาณไขมันในเลือด และความดันโลหิต แต่กลุ่มที่ผสมผสานการฝึกแอโรบิกกับการใช้แรงต้านให้ผลได้ดีที่สุด

วิสloffและคณะ (Wisloff et al., 2007) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแอโรบิกแบบหนัก สลับเบาเปรียบเทียบกับแอโรบิกแบบต่อเนื่องในผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจล้มเหลว (Heart failure) โดยกลุ่มผู้ป่วยมีอายุเฉลี่ย 75 ปี และมีค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพียง 13 มิลลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที โดยแบ่งผู้ป่วยออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบต่อเนื่อง และกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด) โดยกลุ่มทดลองทำการฝึกความถี่ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ และทำการวัดค่าพารามิเตอร์ก่อนการฝึก และหลังการฝึก ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการวัดได้แก่ หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด หน้าที่การทำงานของไมโทคอนเดรีย โดยวัดจากค่าพีจีซีวันแอลฟา และแบบประเมินคุณภาพชีวิต

ผลการทดลองพบว่า หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดและหน้าที่การทำงานของไมโทคอนเดรียโดยวัดจากค่าพีจีซีวันแอลฟา มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีกว่าในกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา และแบบประเมินคุณภาพชีวิตให้ผลการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในทั้งสองกลุ่ม

จอนน่าและคณะ (Tjonna et al., 2008) ได้ทำการศึกษาเรื่องการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาเปรียบเทียบกับแอโรบิกแบบต่อเนื่องที่มีผลต่อผู้ป่วยเมตาบอลิกซินโดรม (Metabolic syndrome) ซึ่งผู้ป่วยเบาหวานก็นับว่าอยู่ในกลุ่มของโรคชนิดนี้ โดยทำการศึกษาในผู้ป่วยจำนวน 32 คน และแบ่งผู้ป่วยเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบต่อเนื่อง (อัตราการเดินหัวใจอยู่ในช่วง 70% ของอัตราการเดินหัวใจสูงสุด) กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา (อัตราการเดินหัวใจสูงสุดถึง 90% ของอัตราการเดินหัวใจสูงสุด) และกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด) โดยกลุ่มทดลองทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ มีการวัดค่าความสามารถในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ปริมาณไขมันในเลือด สัดส่วนของร่างกาย ความดันโลหิต ค่าที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย และการวัดหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ทั้งก่อนทำการทดลอง และหลังทำการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาให้ผลการเปลี่ยนแปลงในการฟื้นฟูอาการของภาวะเมตาบอลิกซินโดรมได้ดีกว่า ทั้งในเรื่องความสามารถในการควบคุม

ระดับน้ำตาลในเลือด ปริมาณไขมันในเลือด สัดส่วนของร่างกาย ความดันโลหิต ค่าที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย และหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

เพรทและคณะ (Praet et al., 2008) ได้ทำการศึกษาผลการฝึกโดยใช้แรงต้านผสมผสานกับการออกกำลังกายเป็นช่วงๆ ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาท ในผู้ป่วยเพศชายจำนวน 11 คน ทำการฝึกโดยใช้ ความถี่ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ และทำการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด ค่าความจุการออกซิเดทีฟของกล้ามเนื้อ (Muscle oxidative capacity) ค่าของไขมันในเซลล์กล้ามเนื้อ (Intramyocellular lipid) ค่าความจุของความหนักงานสูงสุด (Maximal workload capacity) ค่าการเก็บไกลโคเจน (Glycogen storage) ค่าการควบคุมระดับน้ำตาล และค่าที่ชี้วัดการอักเสบ (Inflammation markers) ทั้งก่อนทำการทดลอง และหลังทำการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและค่าความจุของความหนักงานสูงสุดมีค่าสูงขึ้น มีการลดลงของความดันโลหิต และค่าระดับน้ำตาลขณะทำการอดอาหารและไขมันในเซลล์กล้ามเนื้อ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าไกลโคซิเลทีอีโมโกลบิน ค่าความจุการออกซิเดทีฟของกล้ามเนื้อ และค่าที่ชี้วัดการอักเสบ

มาร์คัสและคณะ (Marcus et al., 2008) ได้ทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างการฝึกแอโรบิกผสมผสานกับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านแบบเอกเซนตริก เปรียบเทียบกับการฝึกแอโรบิกเพียงอย่างเดียวในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 15 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งกลุ่มแรกได้รับการฝึกแอโรบิกผสมผสานกับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่สองได้รับการฝึกแบบแอโรบิกเพียงอย่างเดียว ทั้งสองกลุ่มทำการฝึกเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ และทำการวัดค่าพารามิเตอร์ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยค่าที่ทำการวัด ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อและไขมันบริเวณต้นขา ค่าไกลโคซิเลทีอีโมโกลบิน ดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) และการทดสอบระยะทางการเดินภายในเวลา 6 นาที (6-minute walk distance)

ผลการทดลองพบว่า ทั้งสองกลุ่มมีการลดลงของค่าไกลโคซิเลทีอีโมโกลบินอย่างเห็นได้ชัด แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม กลุ่มที่ฝึกแอโรบิกผสมผสานกับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านมีการเปลี่ยนแปลงกล้ามเนื้อบริเวณต้นขามากกว่า และทั้งสองกลุ่มมีการลดลงของไขมันภายในกล้ามเนื้อ และค่าดัชนีมวลกาย ส่วนระยะทางการเดินภายในระยะเวลา 6 นาทีของทั้งสองกลุ่มสามารถทำได้มากขึ้น



### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาที่มีต่อสุขสมรรถนะและการควบคุมระดับน้ำตาล ในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาที่มีต่อสุขสมรรถนะและการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 และเปรียบเทียบการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กับการฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา และการฝึกโดยใช้แรงต้าน ขั้นตอนการทำวิจัยได้ผ่านการพิจารณาโดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสถาบันชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นอาสาสมัครทั้งเพศชายและเพศหญิง ของชมรมเบาหวาน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพมหานคร มีอายุระหว่าง 60 – 70 ปี ซึ่งป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 32 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ได้แก่

1. กลุ่มที่ไม่ได้รับกิจกรรมการออกกำลังกายแต่อย่างใด (Control group; C)
2. กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (Aerobic interval group; AI)
3. กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน (Resistance training group; R)
4. กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (Aerobic interval with integration of resistance training group; AIR)

#### เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

##### เกณฑ์ในการคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างต้องเป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งมีค่าไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน อยู่ในช่วง 6.5 - 10 % และมีค่าระดับน้ำตาลในเลือดหลังจากการอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมงมากกว่า 126 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร โดยผู้วิจัยได้ข้อมูลจากหน่วยเวชระเบียน และมีการแจ้งแพทย์เรื่องการฝึกออกกำลังกายของผู้ป่วยที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง



2. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่มีภาวะแทรกซ้อนอันเกิดจากโรคเบาหวาน ได้แก่ ภาวะแทรกซ้อนทางสายตา ภาวะแทรกซ้อนทางไตเรื้อรัง ภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาท โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง และโรคของหลอดเลือดส่วนปลายร้ายแรง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างทุกคนต้องผ่านการทำการทดสอบความพร้อมก่อนการออกกำลังกายโดยการดูคลื่นไฟฟ้าหัวใจทั้ง 12 ลีดในขณะที่ออกกำลังกาย (Exercise stress test) และไม่พบความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

3. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ได้เข้าร่วมในการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายอย่างเป็นระบบในช่วง 6 เดือนก่อนทำการวิจัย

4. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ได้รับอาหารเสริมอยู่เป็นประจำ และต้องไม่สูบบุหรี่

5. กลุ่มตัวอย่างมีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดียินยอมในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

#### เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. กลุ่มตัวอย่างไม่ได้เข้าร่วมการออกกำลังกายมากกว่า 20% ของช่วงระยะเวลาการฝึกสำหรับในกลุ่มที่มีการให้โปรแกรมการออกกำลังกาย

3. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

##### เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1. แบบบันทึกข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง หรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (Patient/Participant Sheet) เพื่อให้ทราบว่าประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีคุณสมบัติตรงกับเกณฑ์ในการคัดเลือก

2. แบบยินยอมของกลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (Informed Consent Form)

3. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย

##### เครื่องมือสำหรับการฝึกการออกกำลังกาย

1. ลู่วิ่ง (Treadmill ยี่ห้อ HP Cosmos Mercury จากประเทศเยอรมัน)

2. เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor ยี่ห้อ Polar Team 2 Pro จากประเทศสหรัฐอเมริกา)

3. คัมเบลล์ (Dumbbell)

### เครื่องมือสำหรับการวัดการไหลของเลือดชั้นผิวหนังและสารชีวเคมีในเลือด

1. เครื่องวัดการไหลของเลือดชั้นผิวหนังด้วยเลเซอร์ (Laser Doppler flowmeter ยี่ห้อ DRT4 MoorLAB, Moor instrument จากประเทศอังกฤษ)
2. เครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูง (Centrifugator ยี่ห้อ Kendro รุ่น D-37520 Osterode จากประเทศเยอรมัน)
3. ตู้เย็นแช่แข็ง (Freezer ยี่ห้อ Lab Tech รุ่น Environmental Test Room จากประเทศเกาหลี)
4. อุปกรณ์ในการเจาะเลือด ได้แก่ แอลกอฮอล์ สำลี หลอดเก็บตัวอย่างเลือด และเข็มเจาะเลือดเบอร์ 21

### เครื่องมือทดสอบสมรรถภาพทางกาย

1. เครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย (Body composition analyzer ยี่ห้อ Biospace รุ่น In body 220 จากประเทศเกาหลี)
2. เครื่องวัดความดันโลหิตขณะพัก (Digital blood pressure ยี่ห้อ Omron รุ่น SEM-1 model จากประเทศอิตาลี)
3. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (cardiopulmonary gas exchange system ยี่ห้อ Cortex รุ่น Metamax 3B: Breath by breath จากประเทศเยอรมัน)
4. เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor ยี่ห้อ Polar Team 2 Pro จากประเทศสหรัฐอเมริกา)
5. อุปกรณ์การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านเพื่อฝึกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Leg extension machine ยี่ห้อ Nuutilus จากประเทศสหรัฐอเมริกา)
6. อุปกรณ์การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านเพื่อฝึกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Leg curl machine ยี่ห้อ Nuutilus จากประเทศสหรัฐอเมริกา)
7. อุปกรณ์การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านเพื่อฝึกกล้ามเนื้อหน้าอก (Incline chest press machine ยี่ห้อ Nuutilus จากประเทศสหรัฐอเมริกา)
8. อุปกรณ์การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านเพื่อฝึกกล้ามเนื้อหลัง (Lat machine ยี่ห้อ Nuutilus จากประเทศสหรัฐอเมริกา)
9. กล่องวัดความยืดหยุ่นของร่างกาย (Sit and reach box)

### เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

1. แบบบันทึกข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก ความดันโลหิต คัชนีมวลกาย และอัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพก
2. แบบบันทึกการประเมินสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ
3. แบบบันทึกการประเมินสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน ปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ คลอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ และปริมาณของรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ โดยอ้างอิงจากการตรวจมาลอนไดออกลิไฮด์
4. แบบบันทึกการประเมินการไหลของเลือดชั้นผิวหนังขาหนีบ เป็นการทดสอบหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

### ขั้นตอนการศึกษาวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างรูปแบบการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน และขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1** การสร้างรูปแบบการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ประกอบด้วย

1. **ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้วิจัยและการสร้างรูปแบบการออกกำลังกาย** ได้แก่
  - 1.1 การทบทวนวรรณกรรมและศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2
  - 1.2 การคิดวิเคราะห์และสร้างรูปแบบการออกกำลังกาย ในแต่ละประเภทดังนี้



1.2.1 การออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา เป็นการออกกำลังกาย โดยเป็นกระบวนการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อที่ต้องใช้ออกซิเจนช่วยในการสันดาป เป็นการออกกำลังกายที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงประมาณ 80-90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับกับการทำให้อัตราการเต้นหัวใจลดลงมาในช่วงประมาณ 60-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Earnest, 2008) จากหลักการดังกล่าว ผู้วิจัยจึงออกแบบการออกกำลังกายโดยเริ่มการอบอุ่นร่างกายโดยเพิ่มความเร็ว และความชันจนของลู่วิ่ง ไปถึงระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที ค้างการเดินของหัวใจไว้ที่ 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็น เวลา 4 นาที จึงปรับเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที และปรับลดระดับความเร็ว และความชันเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที แล้วเริ่มทำเหมือนกับการออกกำลังกายในตอนแรก โดยทำเพิ่มอีก 3 ชุด และเมื่อจบชุดสุดท้ายให้ทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 35 นาที โดยวางโปรแกรมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

1.2.2 การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน เป็นการออกกำลังกายที่มีการบริหารกล้ามเนื้อหลักของร่างกาย โดยเน้นที่กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบท่าทางการออกกำลังกายไว้ 5 ท่า ได้แก่

- ท่าเบนเพรส (Bench press) เป็นการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าอก (Pectoralis) และกล้ามเนื้อหลังแขน (Tricep)
- ท่าเบนท์โอเวอร์โรว์ (Bent over row) เป็นการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง (Lattisimus dorsi) และกล้ามเนื้อหน้าแขน (Bicep)
- ท่าไตรเซ็ปคิกแบ็ค (Dumbbell triceps kickback) เป็นการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังแขน
- ท่าแอบโดมินัลเคิร์ล (Abdominal curls) เป็นการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มท้อง (Abdominal)
- ท่าสควอท (Squat) เป็นการฝึกกล้ามเนื้อขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriцеп)

ทำการฝึกท่าละ 4 เซต เซตละ 6-8 RM โดยมีระยะเวลาในการพักแต่ละเซตอยู่ในช่วง 1-2 นาที และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

1.2.3 การออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่มีการนำในส่วนของ การออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วง

หนักสลับเบา และการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านออกมาอย่างละครึ่งส่วนและลรอบของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาเหลือเพียงช่วงเพิ่มความหนัก 2 ครั้ง และการฝึกโดยใช้แรงต้านเหลือเพียงท่าละ 2 เซต แล้วจึงนำมารวมกันเพื่อเป็นการควบคุมเวลาในแต่ละกลุ่มการออกกำลังกายให้เท่ากัน การออกกำลังกายกลุ่มนี้เริ่มโดยออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักในแต่ละเซต 6-8 RM โดยทำท่าละ 2 เซต (ไม่รวมเซตที่ทำการอบอุ่นร่างกาย) เซตละ 6-8 ครั้ง กำหนดช่วงพักระหว่างเซตอยู่ในช่วง 1-2 นาที โดยท่าที่ใช้คือ ท่าเบนเพรส ท่าเบนท์โอเวอร์โรว์ ท่าไครเซ็ปคิก เบ็ค ท่าแอบโดมินัลเคิร์ล และท่าสควอท โดยใช้อุปกรณ์ดัมเบลล์ เมื่อทำการออกกำลังกายแบบแรงต้านแล้วให้ออกกำลังกายบนลู่วิ่ง โดยกลุ่มตัวอย่างติดตามเครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นเริ่มการอบอุ่นร่างกายโดยเพิ่มความเร็ว และความชันจนไปถึงระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 5 นาที ค้างการเดินของหัวใจไว้ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 4 นาที จึงปรับเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที และปรับลดระดับความเร็ว และความชันเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที เริ่มการเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที อีกครั้งหนึ่ง และทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 35 นาที โดยวางโปรแกรมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

2. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) และวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (Reliability)

2.1 สร้างแบบประเมินความเหมาะสม ตามองค์ประกอบการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และให้นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ รองศาสตราจารย์ พญ. กอบกุล ตั้งสินมั่งคง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทிரากรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พด. ดร. รุ่งชัย ชวนไชยะกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ. สุภมัย สุนทรพันธ์ และอาจารย์สิทธา พงษ์พิบูลย์ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ซึ่งค่าที่คำนวณได้ต้องมากกว่า 0.50 (Cox and Vargas, 1996) จากนั้นผู้วิจัยทำการแก้ไขปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

2.2 นำรูปแบบการออกกำลังกายทั้ง 3 ประเภทไปใช้กับกลุ่มอาสาสมัครที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 6 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มละ 2 คน จำนวน 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มได้รับการออกกำลังกายเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และใช้เครื่องวัดอัตราการเต้น



ของหัวใจขณะออกกำลังกาย โดยทำการวัดทั้งหมด 6 ครั้ง เพื่อทดสอบความเป็นไปได้และหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

**ขั้นตอนที่ 2** การศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

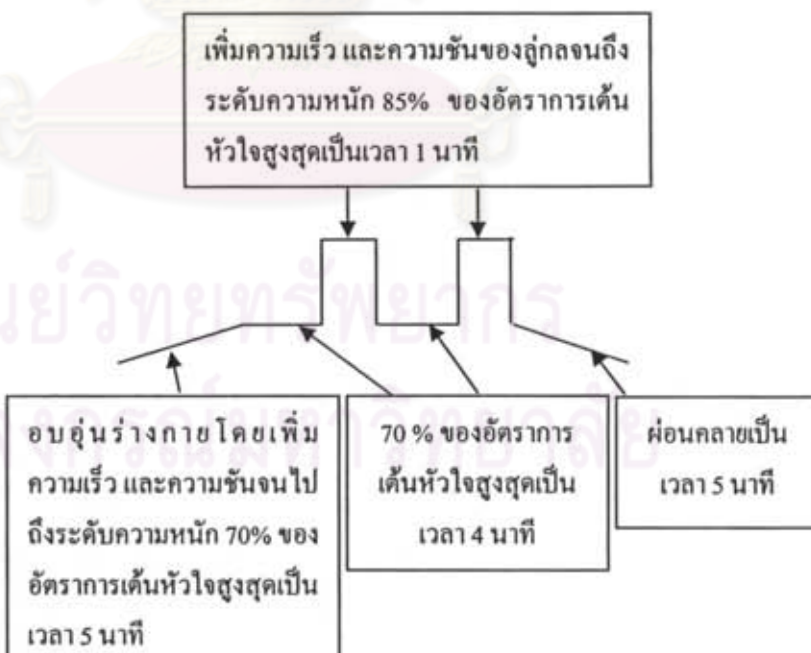
1. คัดต่อและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยการสมัครใจเข้าร่วมและดำเนินการแบ่งกลุ่มทดลองย่อยโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)
2. จัดสถานที่ทำการอบรมเกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการออกกำลังกาย และการเตรียมตัวก่อนการออกกำลังกายซึ่งเกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3. กลุ่มตัวอย่างได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล และลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
4. การฝึกการออกกำลังกายในแต่ละกลุ่มทดลอง (ภาคผนวก ข) มีดังนี้

**ตารางที่ 1** แสดงการฝึกการออกกำลังกายในแต่ละกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง	การออกกำลังกาย
<b>กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI)</b>	<p>ออกกำลังกายบนลู่วิ่ง โดยกลุ่มตัวอย่างคิดเครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นเริ่มการอบอุ่นร่างกายโดยเพิ่มความเร็ว และความชันจนไปถึงระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที ค้างการเต้นของหัวใจไว้ที่ 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็น เวลา 4 นาที จึงปรับเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที และปรับลดระดับความเร็ว และความชันเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที แล้วเริ่มทำเหมือนกับการออกกำลังกายในตอนแรก โดยทำเพิ่มอีก 3 ชุด และเมื่อจบชุดสุดท้ายให้ทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 35 นาที ดังแผนภาพ</p>



	<p>เพิ่มความเร็ว และความชันของอู่อกล จนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเดินหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที</p> <p>อบอุ่นร่างกายโดยเพิ่มความเร็ว และความชันจนถึงระดับความหนัก 70% ของอัตราการเดินหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 10 นาที</p> <p>70% ของอัตราการเดินหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 4 นาที</p> <p>ผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที</p>
<p><b>กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R)</b></p>	<p>ออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักในแต่ละเซต 6-8 RM โดยทำท่าละ 4 เซต (ไม่รวมเซตที่ทำการอบอุ่นร่างกาย) เซตละ 6-8 ครั้ง โดยท่าที่ใช้คือ ทำเบนเพรส ทำเบนท์โอเวอร์โรว์ ทำไครเซ็ปติกเบ็ค ทำแอบโดมินัลเคิร์ล และท่าสควอท โดยระยะเวลาการพักแต่ละเซตอยู่ในช่วง 1-2 นาที โดยใช้อุปกรณ์คัมเบลล์ ซึ่งใช้เวลาในการฝึกประมาณ 35 นาที</p>

<p>กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนัก สลับเบา ผสมผสานกับ การใช้แรงต้าน (AIR)</p>	<p>ออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักในแต่ละเซต 6-8 RM โดยทำท่าละ 2 เซต (ไม่รวมเซตที่ทำการอบอุ่นร่างกาย) เซตละ 6-8 ครั้ง โดยท่าที่ใช้คือ ท่าเบนเพรส ท่าเบนท์โอเวอร์โรว์ ท่าไครเซ็ปติกเบ็ค ท่าแอบโดมินัลเคิร์ล และท่าสควอท โดยใช้อุปกรณ์ดัมเบลล์ และระยะเวลาพักในแต่ละเซตอยู่ในช่วง 1-2 นาที</p> <p>ออกกำลังกายบนลู่วิ่งโดยกลุ่มตัวอย่างคิดเครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นเริ่มการอบอุ่นร่างกายโดยเพิ่มความเร็ว และความชันจนไปถึงระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 5 นาที ค้างการเต้นของหัวใจไว้ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็น เวลา 4 นาที จึงปรับเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที และปรับลดระดับความเร็ว และความชันเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที เริ่มการเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที อีกครั้งหนึ่ง และทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 35 นาที ดังแผนภาพ</p>  <pre> graph TD     A[เพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที] --&gt; B[อบอุ่นร่างกาย โดยเพิ่มความเร็ว และความชันจนไปถึงระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 5 นาที]     A --&gt; C[70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 4 นาที]     B --&gt; D[ผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที]     C --&gt; D   </pre>
---	---

5. ทำการฝึกทุกวันจันทร์ พุธ และศุกร์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยในช่วงเวลา 8.00 น.-12.00 น. ทำการฝึกในกลุ่มออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา และกลุ่มออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน จากนั้นในช่วงเวลา 13.00 น.-16.00 น. ทำการฝึกในกลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านผสมกับออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา โดยกลุ่มตัวอย่างจะเข้าร่วมทำการฝึกแต่ละครั้งเป็นระยะเวลาประมาณ 35 นาที

6. กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ก่อนและหลังทำการทดลองดังนี้

6.1 การหาตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่

6.1.1 น้ำหนักและส่วนสูง ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองถอดรองเท้าก่อนทำการชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม) และวัดส่วนสูง (เมตร)

6.1.2 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (ครั้ง/นาที) ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงจับชีพจรด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

6.1.3 ความดันโลหิต โดยวัดค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) ในท่านั่งขณะพัก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

6.2 การทดสอบสุขสมรรถนะ (ดังแสดงในภาคผนวก ฉ) ได้แก่

6.2.1 องค์ประกอบของร่างกาย ให้ผู้เข้าร่วมการทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย

6.2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ได้แก่ วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าอก กล้ามเนื้อหลัง กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง โดยใช้กำหนดน้ำหนักวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม โดยวิธีการหาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (1 RM)

6.2.3 ความอ่อนตัว โดยการทำการท่าก้มหลังไปแตะปลายเท้า และวัดจากระยะที่ห่างจากปลายเท้าถึงปลายนิ้วมือ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร โดยระยะทางมียังไม่ถึงปลายเท้าให้เป็นค่าบวก และระยะทางที่เลยปลายเท้าจะเป็นค่าลบ

6.2.4 ความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ วัดจากสมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุด โดยก่อนการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเดินอบอุ่นร่างกายบนลู่วิ่งเป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นทำการทดสอบโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเดิน-วิ่ง บนลู่วิ่งนานเท่าที่จะทำได้ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส ซีฮ็อคคอร์เท็ก รุ่นเมต้าแม็ก ทรีบี มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที



6.3 การทดสอบด้านสารชีวเคมีในเลือด โดยการเจาะเลือดครั้งละ 15 ซีซี (ประมาณ 2 ซ้อนชา) โดยนักเทคนิคการแพทย์ จากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้แก่

การตรวจกลูโคส ตรวจโดยวิธีอ้างอิงจากการตรวจเอนไซม์เฮกโซไคเนส (Enzymatic reference method with hexokinase) โดยมีค่าอ้างอิงปกติในช่วง 74-106 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

กลอเรสเดอรอลตรวจโดยวิธีเอนไซมาติกัลลอริเมตริก (Enzymatic, colorimetric method) มีค่าอ้างอิงปกติ < 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าระดับก่อนข้างสูงในช่วง 200-239 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าระดับสูงในช่วง > 240 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

ไตรกลีเซอไรด์ตรวจโดยวิธีเอนไซมาติกัลลอริเมตริก (Enzymatic, colorimetric method) มีค่าอ้างอิงปกติ < 150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าระดับก่อนข้างสูงในช่วง 150-199 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าระดับสูงในช่วง 200-499 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าในระดับสูงมากในช่วง > 500 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

ไฮเคนซีตี้ไลโปโปรตีนตรวจโดยวิธีโฮโมจีเนียสเอนไซมาติกัลลอริเมตริก (Homogeneous enzymatic colorimetric test) ค่าอ้างอิงปกติ เพศหญิง > 65 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เพศชาย > 55 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าความเสี่ยงระดับปานกลาง เพศหญิง 45-65 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เพศชาย 35-55 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าความเสี่ยงระดับสูง เพศหญิง < 45 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เพศชาย < 35 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

โลวเคนซีตี้ไลโปโปรตีนตรวจโดยวิธีโฮโมจีเนียสเอนไซมาติกัลลอริเมตริก (Homogeneous enzymatic colorimetric test) ค่าอ้างอิงปกติ < 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าก่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 100-129 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าระดับสูงอยู่ในช่วง 130-159 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าในระดับสูงมากอยู่ในช่วง 160-189 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าในระดับสูงมากมากอยู่ในช่วง > 190 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

ไกลโคซีเลทฮีโมโกลบินตรวจโดยวิธีอิมมูโนเทอบิตีตี้ (Immunoturbidity) ค่าอ้างอิงปกติอยู่ในช่วง 4.8- 5.9 เปอร์เซ็นต์

อินซูลินตรวจโดยวิธีเอนแฮนซ์เคมีลูมิเนสเซนซ์ (Enhanced chemiluminescence ; ECL) ค่าอ้างอิงปกติอยู่ในช่วง 2.5-24.9 ไมโครยูนิตต่อมิลลิลิตร

วอนวิลลิแบนด์แฟกเตอร์ตรวจโดยวิธีเอนไซม์ลิงค์อิมมูโนแอสเซย์ (Enzyme linked Immuno assay; ELISA) ค่าอ้างอิงปกติอยู่ในช่วง 50-150 เปอร์เซ็นต์

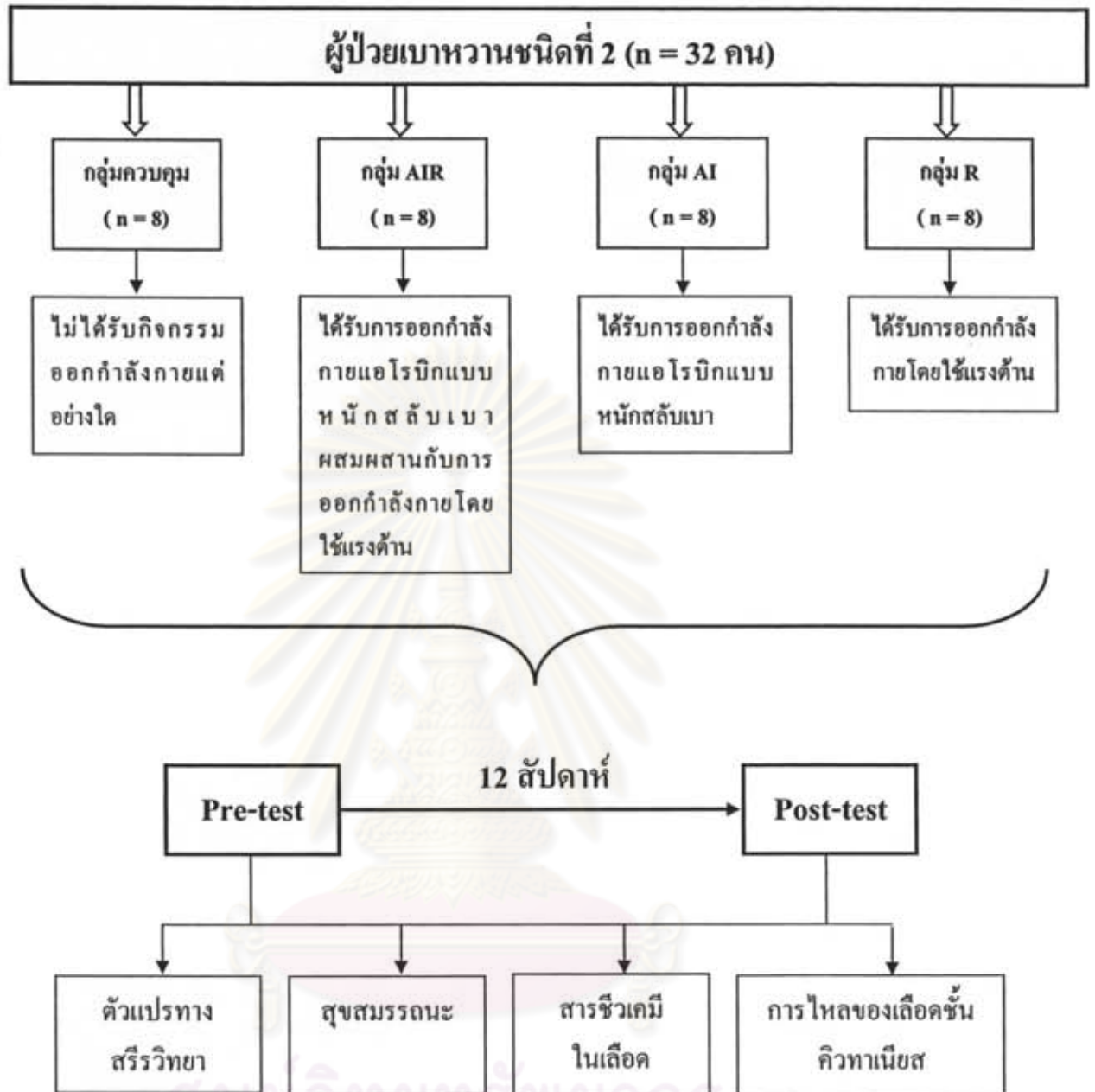
มาลอนไดอัลดีไฮด์ตรวจโดยวิธีทริโอบาบิฟูริกแอซิด (Thiobarbituric acid) กำ  
อ้างอิงปกติอยู่ในช่วง 0-3 ไมโครโมลต่อลิตร

กดูต้าไทโอนเพอโรกซิเคสตรวจโดยวิธีควอนทิเททีฟอินบิโทร (Quantitative  
inbitro)

6.4 การทดสอบการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส โดยการวัดผลของความเร็ว  
และความเข้มข้นเฉลี่ยของเม็ดเลือดแดงในปริมาณเนื้อเยื่อตัวอย่างในขณะพัก ขณะถูกปิดกั้นการ  
ไหลของเลือด ขณะการไหลของเลือดสูงสุดหลังเปิดการปิดกั้น ขณะการไหลของเลือดสูงสุดหลัง  
เปิดการปิดกั้นต่อขณะพัก และขณะการไหลของเลือดกลับสู่สภาวะปกติหลังเปิดการปิดกั้น  
โดยติดโพรบบริเวณข้อมือข้างขวา ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพัก 15-20 นาที หลังจากนั้นบันทึกค่า  
ขณะพัก 1 นาที ใช้เครื่องวัดความดันพันรัดเหนือต้นแขน ที่ความดัน 200 มิลลิเมตรปรอท ค้างไว้ 5  
นาที บันทึกค่าโดยตลอด ต่อมาปล่อยลมออก และบันทึกค่าต่อมานาน 5 นาที (Betik, 2004) (ดัง  
แสดงในภาคผนวก จ)

ลำดับการทดสอบจะเริ่มต้นจากช่วงแรกเป็นการตรวจวัดสารชีวเคมีในเลือด  
และในช่วงที่ 2 ซึ่งเป็นวันต่อมาจะเป็นการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการ  
ไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส โดยในส่วนของช่วงที่ 2 ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 1 สัปดาห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6 วิธีการดำเนินการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ โดยทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (Pair-T test) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05
3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มการทดลองย่อยโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลจากการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยชมรมเบาหวาน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ทั้งเพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 60-70 ปี จำนวน 32 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่ได้รับกิจกรรมการออกกำลังกายแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีผู้ออกจากกรวิจัยจำนวน 1 คน ซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน เนื่องจากไม่ประสงค์จะเข้าร่วมโครงการ ทำให้กลุ่มตัวอย่างในกลุ่มนี้เหลือเพียง 7 คน คงเหลือผู้เข้าร่วมวิจัยจนถึงสิ้นสุดโครงการทั้งสิ้น 31 คน ขั้นตอนการฝึกโดยกลุ่มทดลองทำการฝึก สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 35 นาที ก่อนและหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการวัดตัวแปรทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ การไหลของเลือดชั้นผิวหนังและสารชีวเคมีในเลือด นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อนำเสนอข้อมูลในรูปตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 5 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1** ความตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบการออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

**ตอนที่ 2** การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยตัวแปรทางสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึก แอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

**ตอนที่ 3** การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของสุขสมรรถนะของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

**ตอนที่ 4** การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสารชีวเคมีในเลือดของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง

**ตอนที่ 5** การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยตัวแปรการไหลของเลือดชั้นผิวหนังและของเหลวของเหลวของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้

ใช้แรงงาน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงงานก่อนและหลังจากการทดลอง

**ตอนที่ 1 ความตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การออกกำลังกายโดยใช้แรงงาน และการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงงาน**

**ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา**

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เห็นด้วย -1	
1. โปรแกรมการฝึกสามารถส่งเสริมการพัฒนาสุขภาพสมรรถนะได้	4	1	0	0.80
2. โปรแกรมการฝึกสามารถฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดได้	4	1	0	0.80
3. โปรแกรมการฝึก มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้	5	0	0	1
4. ความหนักของโปรแกรมการฝึกมีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
5. ความถี่ของโปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
6. ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม	5	0	0	1
7. โปรแกรมการฝึกมีการอบอุ่นร่างกายที่เหมาะสม	5	0	0	1
8. โปรแกรมการฝึกมีการกลดาวน์ที่เหมาะสม	5	0	0	1
9. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และ โกลโคซีเลทฮีโมโกลบินมีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
10. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ คลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไส้แดงซีทีไลโปโปรตีน และ โลวเดนซีที มีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
11. การตรวจผลของการฝึกจากหน้าการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดโดยการตรวจมาลาอนไดออกไซด์ กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเด ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส วอนวิลลิเบนแฟคเตอร์ และการตรวจโดยใช้อุปกรณ์เลเซอร์คอปเลอร์มีความเหมาะสม	4	1	0	0.80



จากตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนัก สลับเบา พบว่าไม่มีเนื้อหาในใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มีความเหมาะสม

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เห็นด้วย -1	
1. โปรแกรมการฝึกสามารถส่งเสริมการพัฒนาสุขสมรรถนะได้	4	1	0	0.80
2. โปรแกรมการฝึกสามารถฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดได้	3	2	0	0.60
3. โปรแกรมการฝึก มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้	5	0	0	1
4. ความหนักของโปรแกรมการฝึกมีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
5. ความถี่ของโปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
6. ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม	5	0	0	1
7. โปรแกรมการฝึกมีการอบอุ่นร่างกายที่เหมาะสม	5	0	0	1
8. โปรแกรมการฝึกมีการหยุดคาวนที่เหมาะสม	5	0	0	1
9. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และ โกลโคซิเลทฮีโมโกลบินมีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
10. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ คอลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซีทีไลโปโปรตีน และ โลวเดนซีที มีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
11. การตรวจผลของการฝึกจากหน้าการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดโดยการตรวจมาลอนไดออกไซด์ กดูต้าโทอินเพอรอกซิเด ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส วอนวิลลิเบนแฟคเตอร์ และการตรวจโดยใช้อุปกรณ์แลเซอร์คอปเลอร์มีความเหมาะสม	4	1	0	0.80

จากตารางที่ 3 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน พบว่า

ไม่มีเนื้อหาในข้อใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการออกกำลังกาย โดยใช้แรงด้านมีความเหมาะสม

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนัก สลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย 1	ไม่เห็นใจ 0	ไม่เห็นด้วย -1	
1. โปรแกรมการฝึกสามารถส่งเสริมการพัฒนาสุขสมรรถนะได้	4	1	0	0.80
2. โปรแกรมการฝึกสามารถฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดได้	4	1	0	0.80
3. โปรแกรมการฝึก มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้	5	0	0	1
4. ความหนักของโปรแกรมการฝึกมีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
5. ความถี่ของโปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
6. ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม	5	0	0	1
7. โปรแกรมการฝึกมีการอบอุ่นร่างกายที่เหมาะสม	5	0	0	1
8. โปรแกรมการฝึกมีการสูดคาร์บอนที่เหมาะสม	5	0	0	1
9. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และไกลโคซิเลทฮีโมโกลบินมีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
10. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ คอลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนจิตีไลโปโปรตีน และไลโปเดนจิตี มีความเหมาะสม	4	1	0	0.80
11. การตรวจผลของการฝึกจากหน้าการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดโดยการตรวจมาลอนไดออกไซด์ กดูต้าไทโอนเพอรอกซิเด ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส วอนวิลลิเบนแพคเตอร์ และการตรวจโดยใช้อุปกรณ์เลเซอร์คอปเลอร์มีความเหมาะสม	3	2	0	0.60

จากตารางที่ 4 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา ผสมผสานกับการใช้แรงต้าน พบว่าไม่มีเนื้อหาข้อใดที่มีดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีความเหมาะสม



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยตัวแปรทางสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสรีรวิทยาระหว่างกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่ม ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
อายุ (ปี)	61.8 ± 7.3	-	67.3 ± 7.1	-	60.3 ± 7.5	-	61.5 ± 7.7	-
เพศ ชาย/หญิง	3/5	-	3/5	-	3/4	-	3/5	-
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	65.9 ± 11.3	66.2 ± 11.0	61.7 ± 10.8	60.6 ± 10.1*	69.9 ± 10.2	69.6 ± 9.9	68.3 ± 10.3	67.2 ± 10.1*
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร <sup>2</sup> )	25.9 ± 2.1	26.4 ± 2.1	25.4 ± 3.1	24.6 ± 2.8*	27.5 ± 2.7	27.3 ± 2.7	26.2 ± 1.8	25.7 ± 1.7*
อัตราการเต้นของ หัวใจขณะพัก (ครั้ง/ นาที)	89.5 ± 16.8	85.2 ± 10.6	77.5 ± 12.0	71.5 ± 13.5*†	79.1 ± 9.6	77.0 ± 6.7	80.5 ± 5.9	74.3 ± 5.9*
ความดันโลหิตขณะ หัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	137.5 ± 12.6	136.3 ± 17.7	133.5 ± 19.8	121.6 ± 11.5	133.6 ± 13.9	132.9 ± 10.6	130.3 ± 7.7	124.7 ± 10.3

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสรีรวิทยาระหว่างกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ความดันโลหิตขณะ หัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	87.3 ± 6.8	83.4 ± 8.5	77.0 ± 6.3	69.5 ± 6.6†	84.2 ± 5.2	75.7 ± 5.9	77.6 ± 11.1	77.5 ± 8.04

\*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

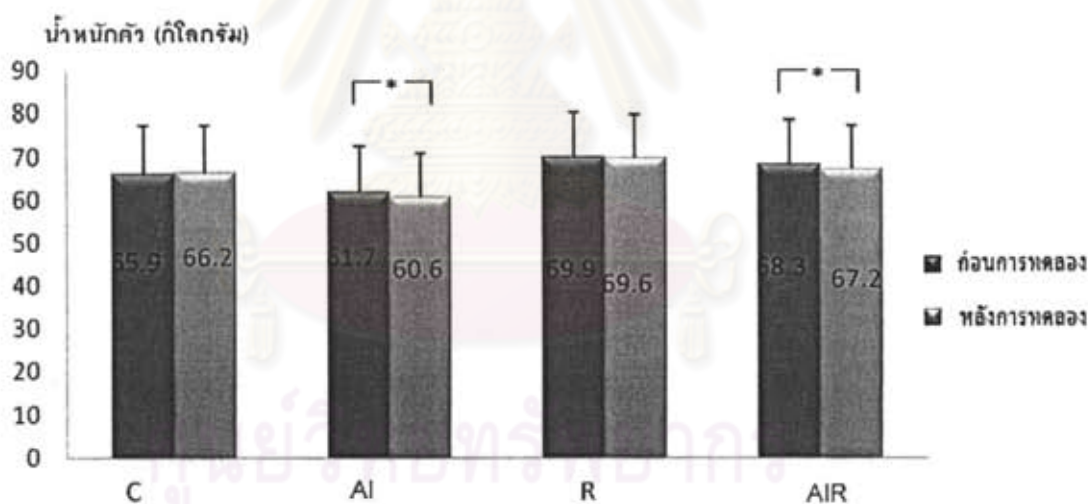
จากตารางที่ 5 พบว่าน้ำหนักตัวในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าดัชนีมวลกายในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และในกลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในกลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาหลังฝึกมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ .05

ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดและคลายตัวสูงสุดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 1 2 3 4 และ 5

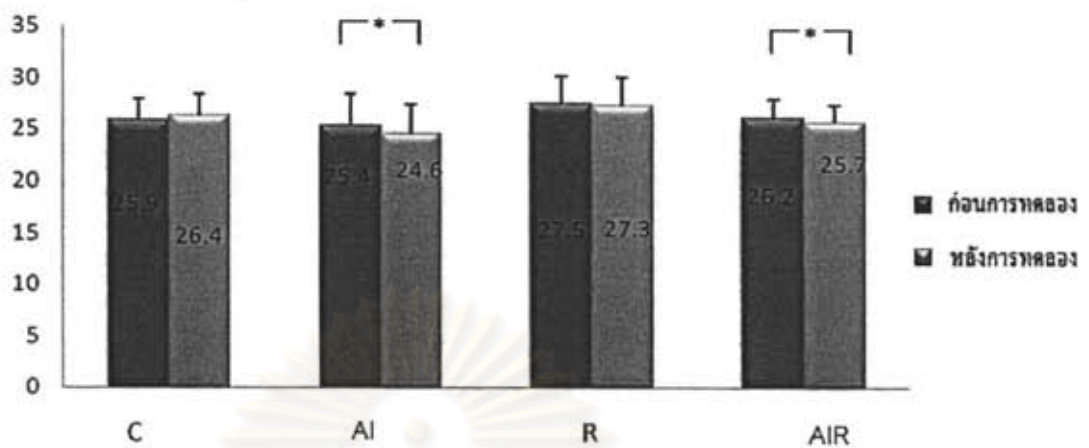


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

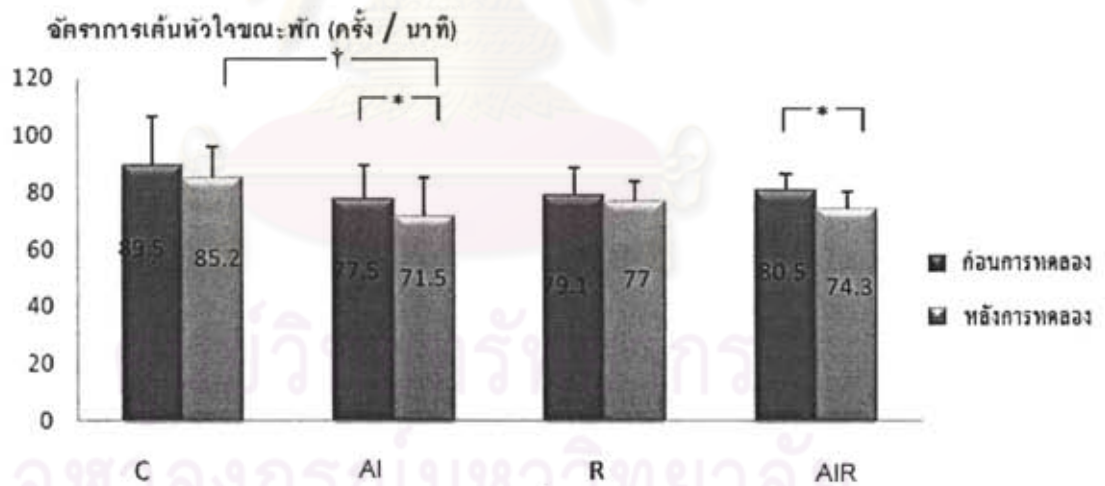


ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ ตารางเมตร)



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

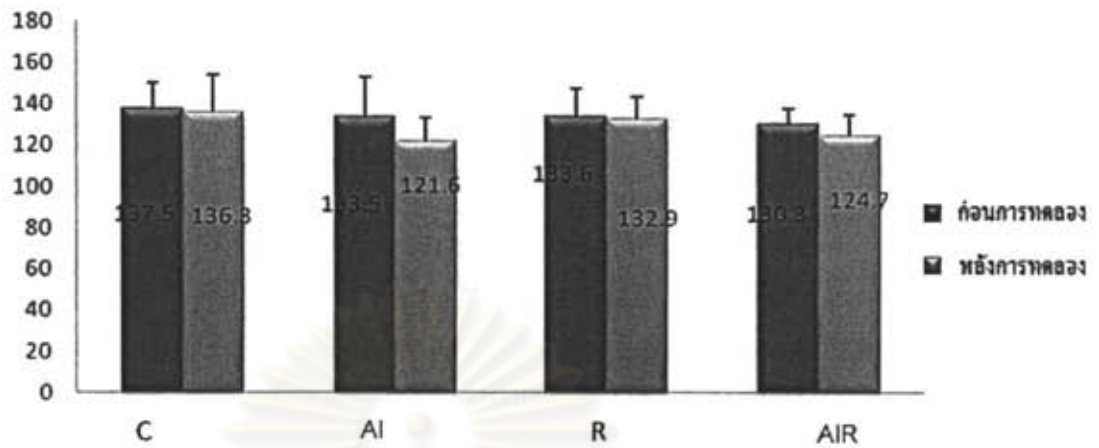


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

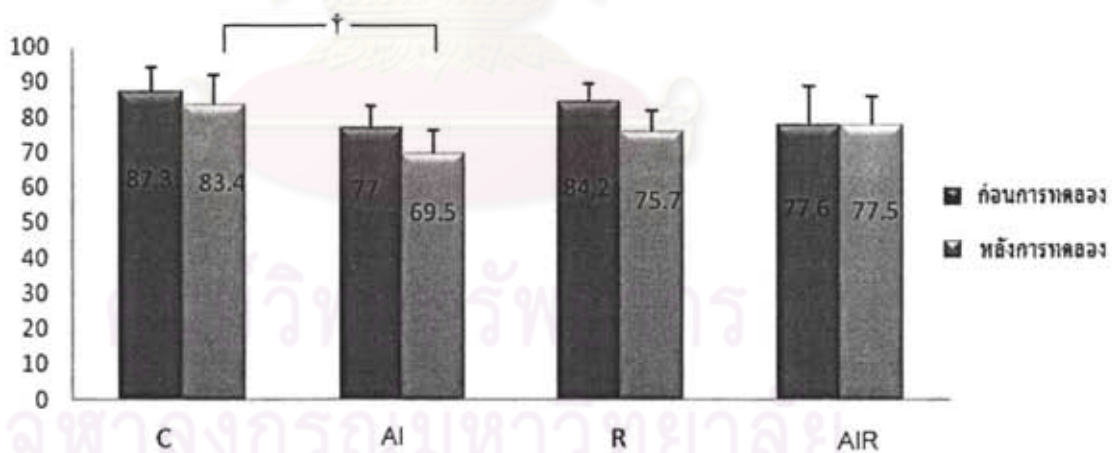
แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเดินหัวใจขณะพัก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)



แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)



†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของสุขสมรรถนะของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะด้านองค์ประกอบทางร่างกายของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
มวลไขมัน (กิโลกรัม)	25.3 ± 3.4	25.4 ± 3.1	20.3 ± 6.2	19.8 ± 6.1*	23.4 ± 4.9	22.5 ± 4.4*	22.2 ± 3.2	21.7 ± 3.4*
ไขมัน (%)	36.0 ± 3.8	36.5 ± 3.9	32.9 ± 8.0	32.5 ± 7.8†	34.6 ± 5.6	33.0 ± 4.8*	32.7 ± 4.2	32.1 ± 4.4
มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)	21.6 ± 6.7	22.8 ± 4.9	22.3 ± 4.9	22.4 ± 4.8	25.2 ± 5.2	25.9 ± 5.1*	25.1 ± 5.4	25.5 ± 5.5*
อัตราส่วนเอวต่อ สะโพก	0.98 ± 0.01	0.98 ± 0.01	0.95 ± 0.03	0.92 ± 0.04*†	0.95 ± 0.04	0.95 ± 0.04	0.94 ± 0.03	0.93 ± 0.02*†

\*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05



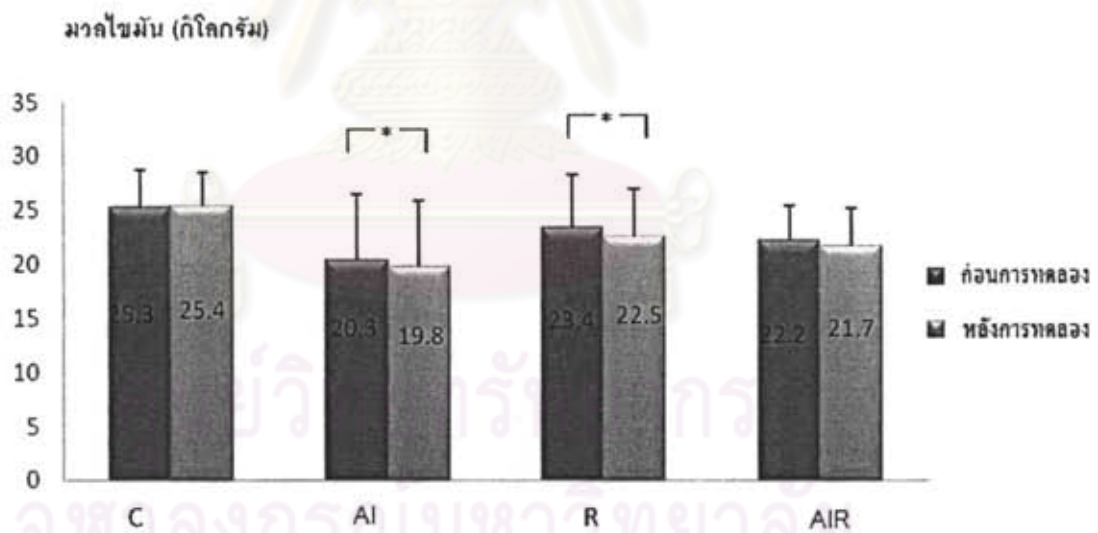
จากตารางที่ 6 พบว่ามวลไขมันในกลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เปอร์เซ็นต์ไขมัน ในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาหลังการทดลองมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ .05

มวลกล้ามเนื้อ ในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

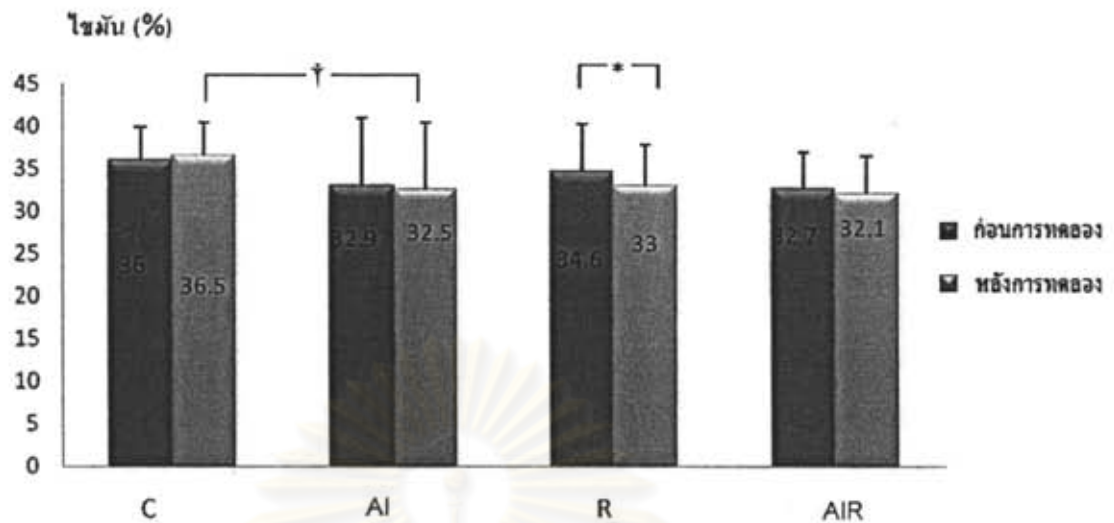
อัตราส่วนเอวต่อสะโพก ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 6 7 8 และ 9



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

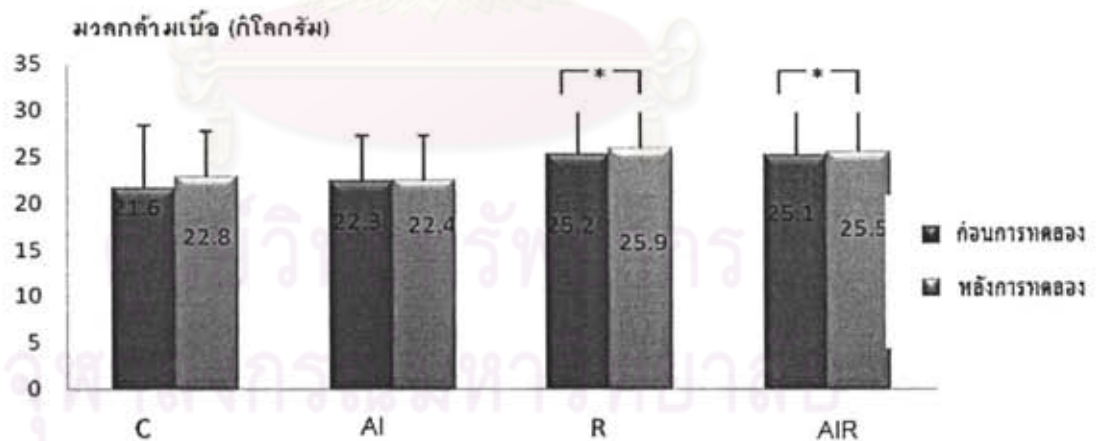
แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไขมัน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

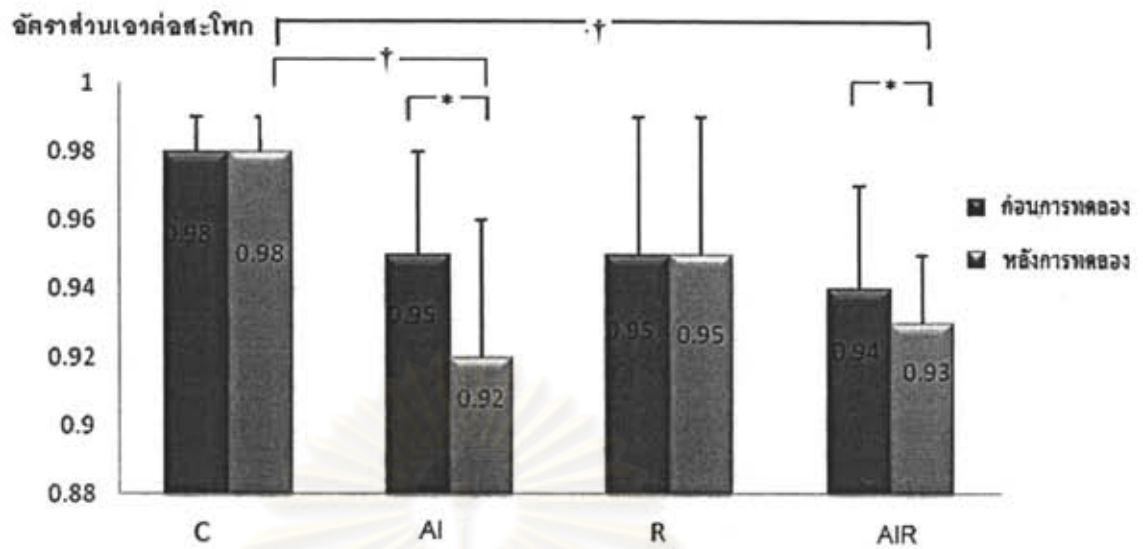
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไขมัน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อเนื้อ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05  
 †แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 9** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเอนไซม์อะไมเลส ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอสโตริกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอสโตริกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะด้านความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (IRM) ของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ความแข็งแรงของ กล้ามเนื้อต้นขา ด้านหน้า (กิโลกรัม)	38.7 ± 9.5	39.4 ± 10.5	32.5 ± 8.4	37.5 ± 9.2*	40.0 ± 12.2	48.9 ± 13.9*	37.5 ± 8.5	40.6 ± 7.3*
ความแข็งแรงของ กล้ามเนื้อต้นขา ด้านหลัง (กิโลกรัม)	31.2 ± 3.5	31.8 ± 5.3	27.5 ± 5.9	32.5 ± 5.9*	35.0 ± 10.9	41.7 ± 10.6*†	35.0 ± 5.3	38.7 ± 4.4*
ความแข็งแรงของ กล้ามเนื้อหน้าอก (กิโลกรัม)	21.8 ± 8.4	21.3 ± 9.5	19.3 ± 7.8	17.5 ± 8.0	21.1 ± 7.4	27.2 ± 8.3*	16.3 ± 6.4	21.3 ± 6.9*
ความแข็งแรงของ กล้ามเนื้อหลัง (กิโลกรัม)	35.6 ± 9.4	37.5 ± 11.0	32.5 ± 2.7	34.4 ± 5.6	40.5 ± 13.3	47.2 ± 12.8*	31.9 ± 8.4	39.4 ± 7.7*

\*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

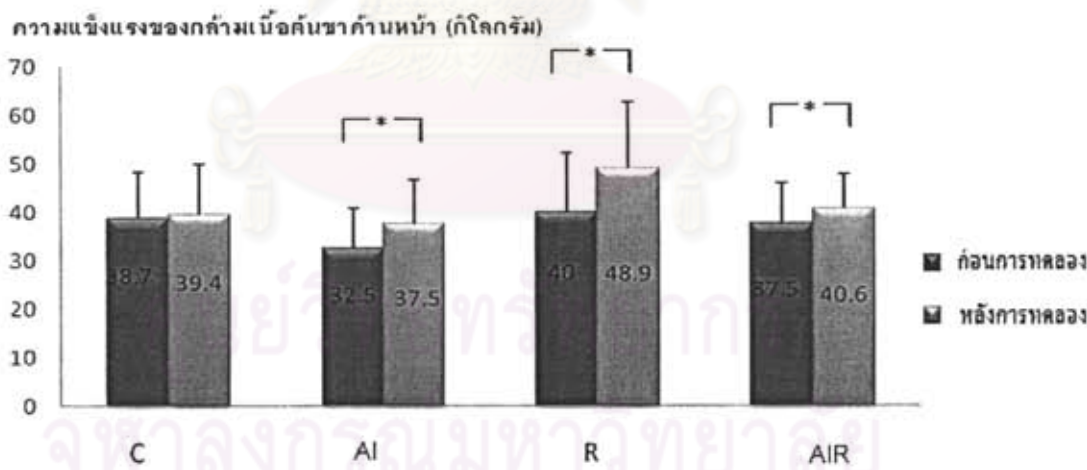
จากตารางที่ 7 พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านหลังการทดลองมีค่ามากขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าอก ในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

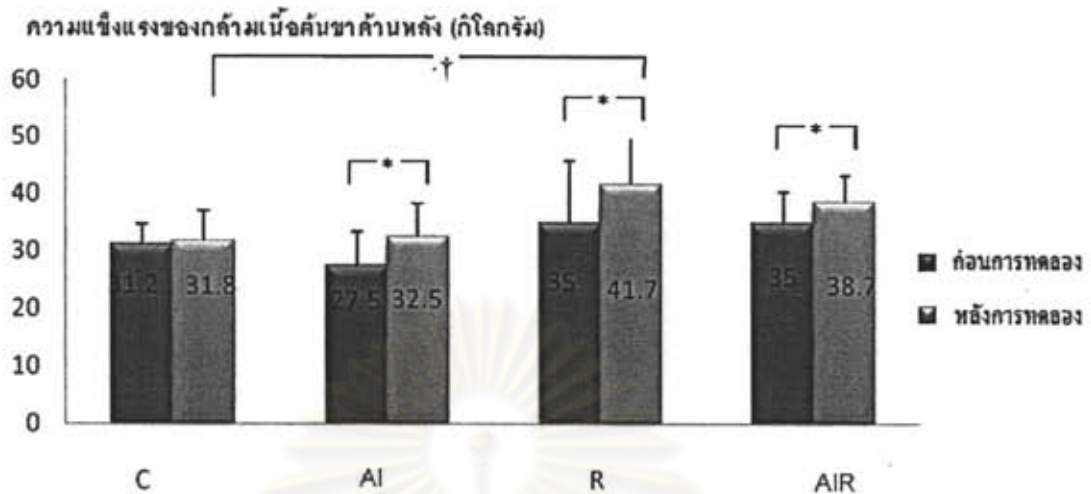
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง ในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 10 11 12 และ 13



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

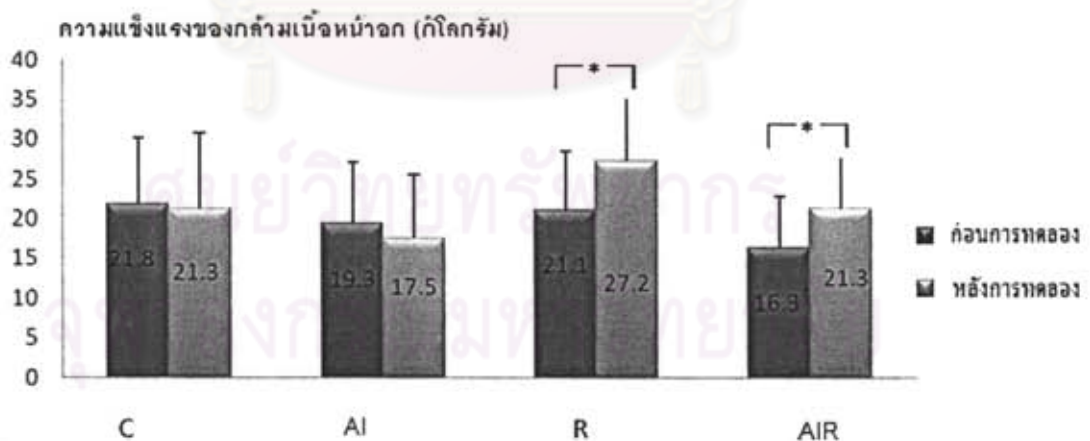
แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

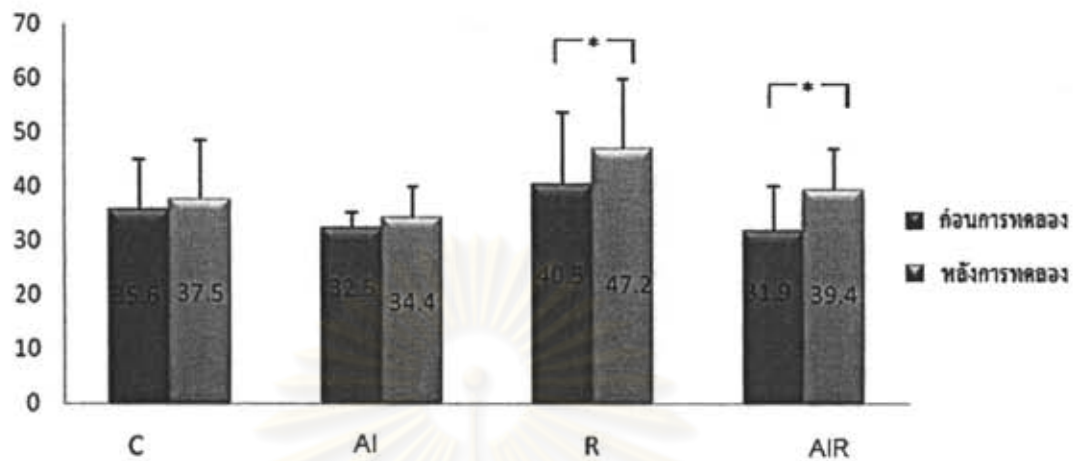


#แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าอก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง (กิโลกรัม)



#แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .01

**แผนภูมิที่ 13** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะด้านความยืดหยุ่นของร่างกาย ของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

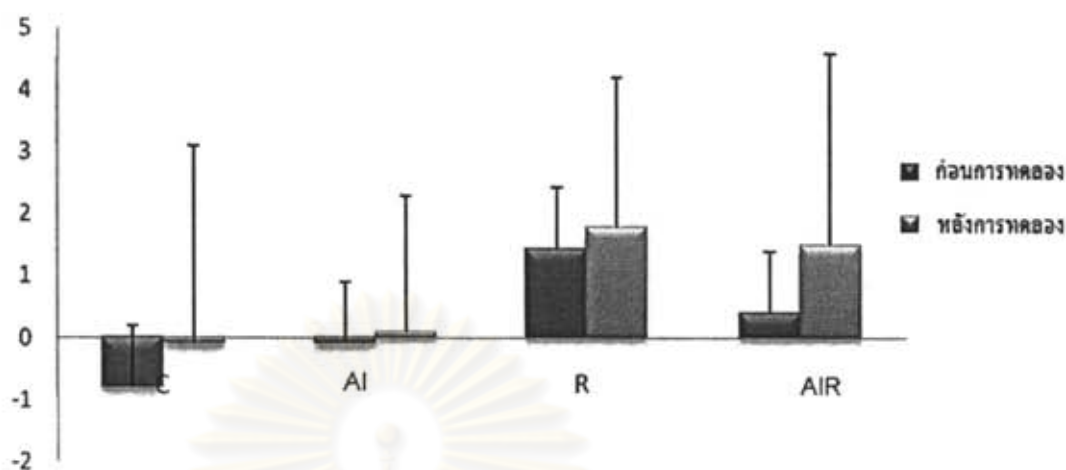
ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ความยืดหยุ่นของ ร่างกาย(เซนติเมตร)	-0.8 ± 3.8	-0.1 ± 3.2	-0.1 ± 2.9	0.1 ± 2.2	1.44 ± 2.3	1.8 ± 2.4	0.4 ± 2.4	1.5 ± 3.1

จากตารางที่ 8 พบว่า ความยืดหยุ่นของร่างกาย ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิ

ที่ 14

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความยืดหยุ่นของร่างกาย (เซนติเมตร)



แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยืดหยุ่นของร่างกาย ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะด้านความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ ของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
สมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/ นาที)	22.4 ± 3.1	21.9 ± 2.9	24.6 ± 3.9	27.4 ± 3.7*†	23.3 ± 2.9	24.1 ± 3.1	23.3 ± 5.0	27.0 ± 4.4*†

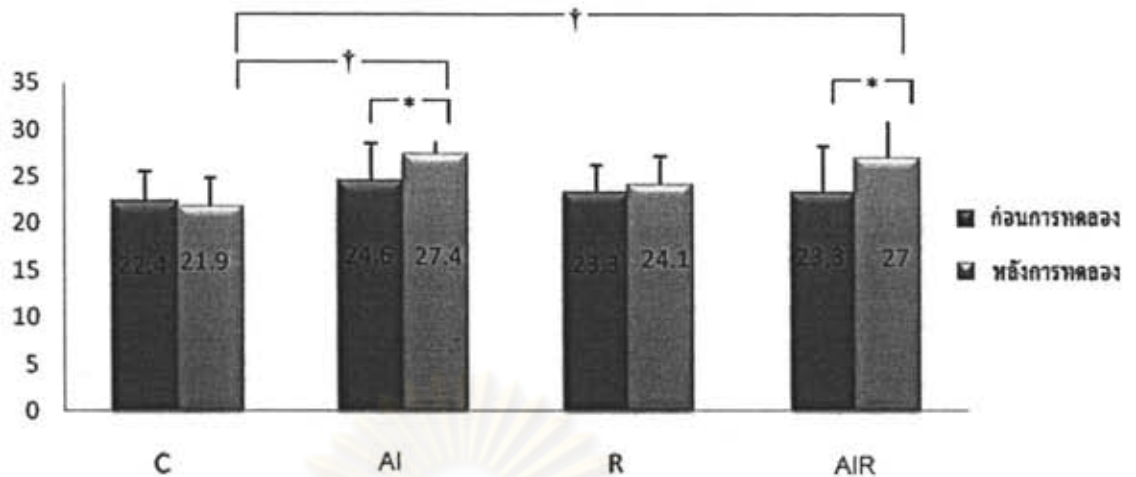
\*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 9 พบว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสารชีวเคมีในเลือดของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสารชีวเคมีในเลือด ของกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ระดับน้ำตาลใน เลือดภายหลังอด อาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (มิลลิกรัม/ เดซิลิตร)	133.4 ± 27.7	135.6 ± 33.5	131.4 ± 30.7	106.4 ± 17.7*	142.6 ± 38.2	124.2 ± 37.4	137.5 ± 26.8	122.0 ± 24.8*
ไกลโคซีเลท ฮีโมโกลบิน (เปอร์เซ็นต์)	7.7 ± 1.3	8.5 ± 2.3	6.8 ± 0.9	6.5 ± 0.8*†	7.7 ± 1.0	7.4 ± 0.8	7.5 ± 1.9	7.1 ± 1.4
ค่าการประเมิน ความคั่งต่ออินซูลิน โดยวิธีโฮมีโอสเต ซิส	3.67 ± 1.55	4.12 ± 1.85	3.33 ± 1.73	2.28 ± 1.15*	2.80 ± 1.30	2.40 ± 1.38*	2.94 ± 1.16	1.65 ± 1.09*†



ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสารชีวเคมีในเลือด ของกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
คลอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	210.1 ± 36.7	208.1 ± 33.6	198.1 ± 42.2	182.8 ± 41.4*	186.8 ± 33.9	175.0 ± 35.4	181.4 ± 43.6	174.5 ± 44.2
ไฮเดนซิติโลโป โปรตีน(มิลลิกรัม/ เดซิลิตร)	43.6 ± 8.4	47.1 ± 12.2	52.5 ± 15.0	59.6 ± 15.8*	37.1 ± 8.5	43.7 ± 10.7*	53.0 ± 15.3	56.3 ± 16.7*
โลวเดนซิติโลโป โปรตีน(มิลลิกรัม/ เดซิลิตร)	131.3 ± 35.9	120.2 ± 33.8	123.8 ± 33.4	104.2 ± 40.5*	126.3 ± 28.3	108.3 ± 30.6*	107.0 ± 26.9	99.9 ± 27.8*
ไตรกลีเซอไรด์ (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	160.0 ± 89.7	135.9 ± 46.1	109.0 ± 52.8	101.4 ± 43.8	116.8 ± 58.2	120.9 ± 46.8	113.1 ± 19.4	79.1 ± 27.7*
วอนวิลลิแบนด์แฟค เตอร์ (เปอร์เซ็นต์)	115.5 ± 28.9	141.3 ± 31.7*	154.6 ± 56.4	133.8 ± 37.3	121.1 ± 62.3	115.0 ± 31.6	110.3 ± 39.4	84.0 ± 21.2*†‡
กลูต้าไทโอนเพอร ออกซิเดส (ยูนิต/ ลิตร)	7360.0 ± 1409.1	6750.0 ± 1746.4	7087.5 ± 1978.8	6725.0 ± 2554.3	6018.8 ± 2501.7	7812.5 ± 2063.6*	6828.6 ± 2761.3	8614.3 ± 2666.1*

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสารชีวเคมีในเลือด ของกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
กลูต้าไทโอนเพอ รอกซิเดสรวม (ยู นิท/ลิตร)	8160.0 ± 1929.2	9480.0 ± 2024.1	8618.8 ± 1887.9	9281.3 ± 1825.9*	10518.8 ± 2439.3	10706.3 ± 2681.1	8024.9 ± 2757.4	9242.9 ± 3692.1*
มาลอนไดอัลดีไฮด์ (ไมโคร โมล/ลิตร)	1.59 ± 0.39	1.23 ± 0.18*	1.80 ± 0.63	1.25 ± 0.25*	1.62 ± 0.39	1.07 ± 0.26*	2.11 ± 0.87	1.51 ± 0.51*

\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

‡แตกต่างจากกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านหลังฝึกที่ระดับ .05

§แตกต่างจากกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านหลังฝึกที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 10 พบว่า ระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไกลโคซีเลทีโมโกลบิน ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าการประเมินความเครียดออกซิเดชันโดยวิธีไฮมีโอสเตซิส ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน มีค่าลดลงจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน มีค่าลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กลอเลสเตอร์อล ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไฮเดนซิติโลโปโปรตีน ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไลโปโปรตีน ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไตรกลีเซอไรด์ ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วอนวิลลิเบนด์แฟกเตอร์ ในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมหลังการทดลอง และกลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้านหลังการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส ในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้านและกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

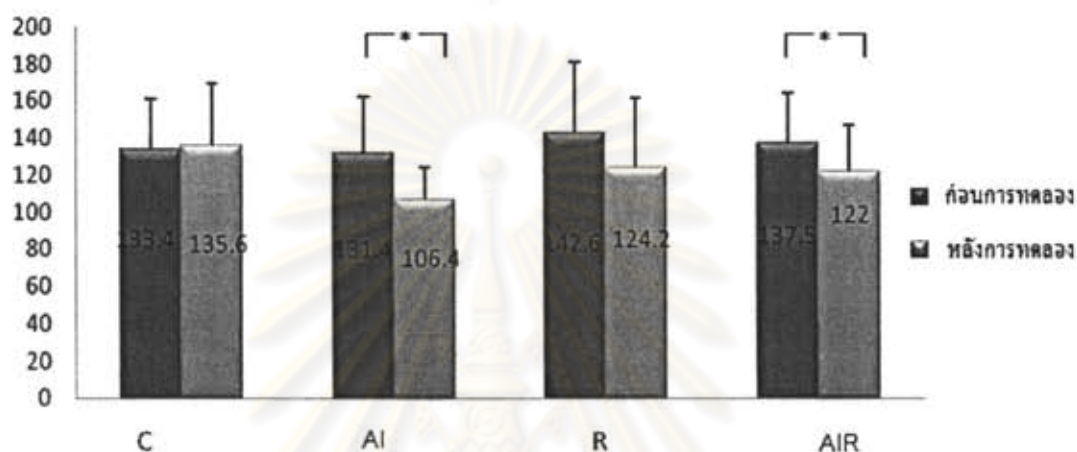
กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวม ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาและกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้าน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



มาลอนไดโอดีไฮด์ ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และในกลุ่มฝึกโดยใช้แรง  
ต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 และ 26

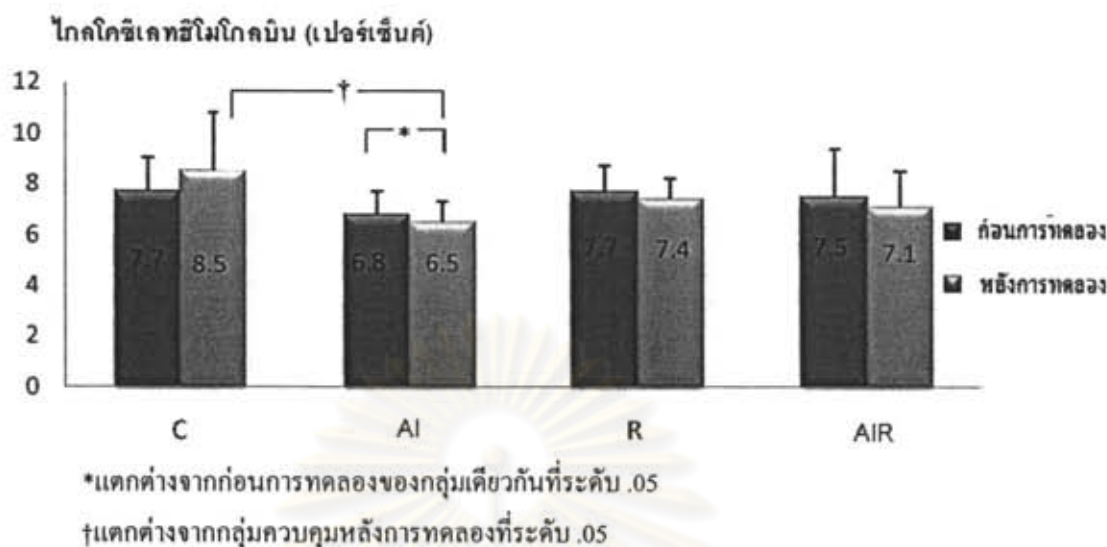
ระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)



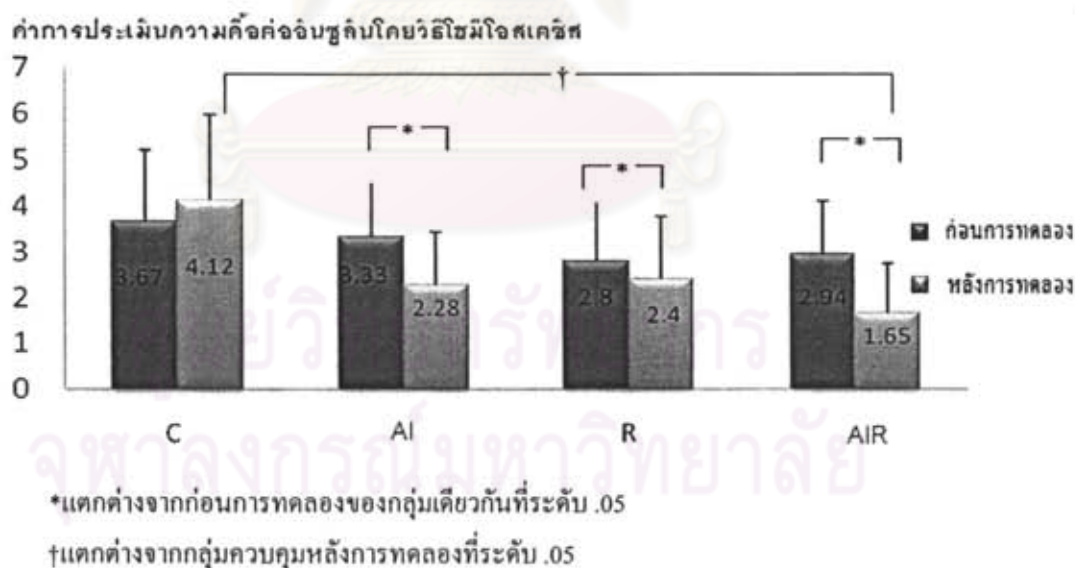
\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

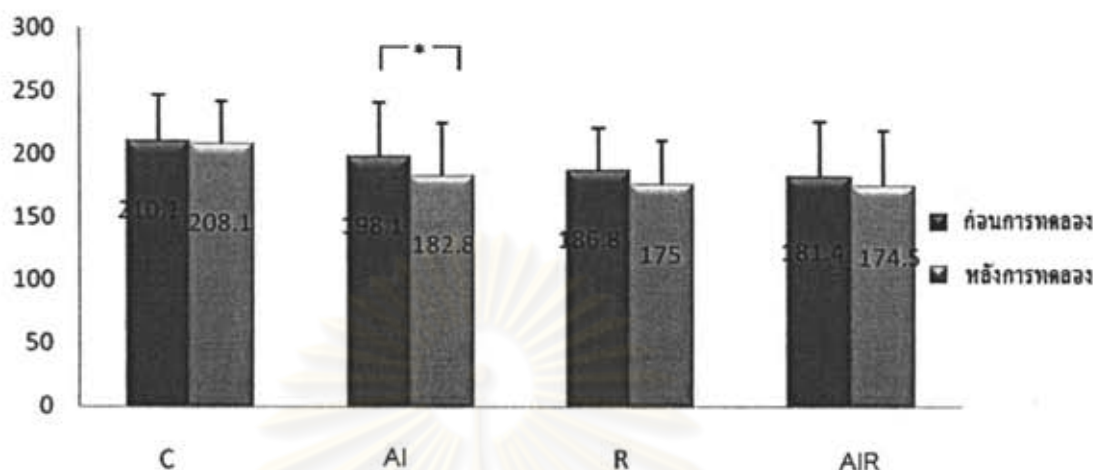


แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไกลโคซิเลทฮีโมโกลบิน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



แผนภูมิที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการประเมินความดีต่ออินซูลินโดยวิธีโฮมิโอสเตซิส ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

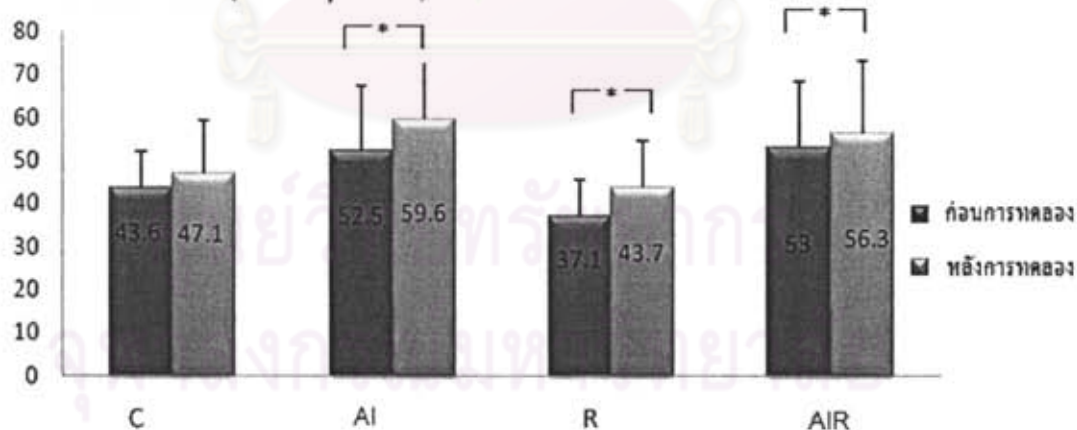
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคอเลสเตอรอล ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

ไฮเดรซิติไลโปโปรตีน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)

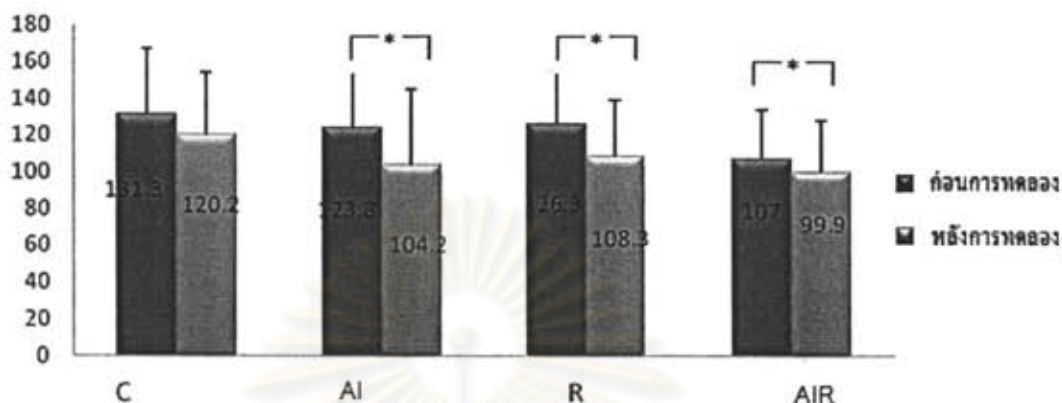


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไฮเดรซิติไลโปโปรตีน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



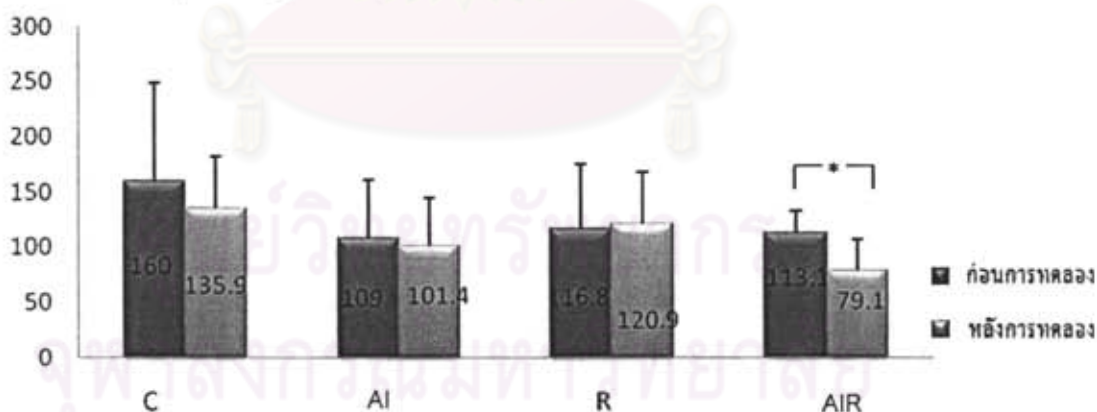
โลเวนซีดีไลโปโปรตีน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโลเวนซีดีไลโปโปรตีน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอรอติกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอรอติกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

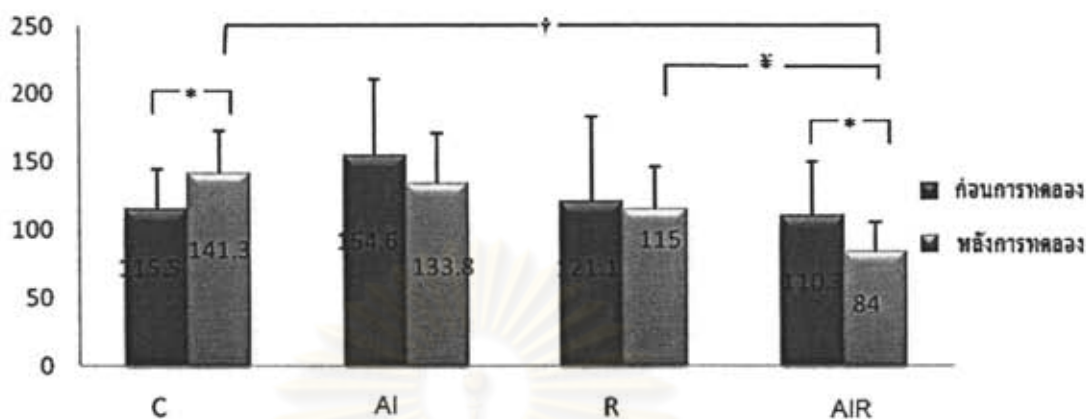
ไตรกลีเซอไรด์ (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)



#แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .01

แผนภูมิที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบไตรกลีเซอไรด์ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอรอติกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอรอติกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

วอนวิลลิแบนด์แฟกเตอร์ (เปอร์เซ็นต์)



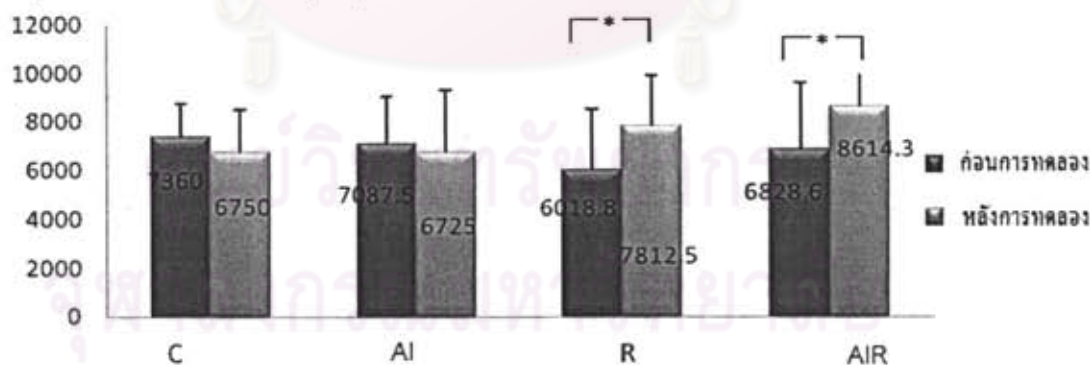
\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

‡แตกต่างจากกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านหลังการทดลองที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 23** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยวอนวิลลิแบนด์แฟกเตอร์ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

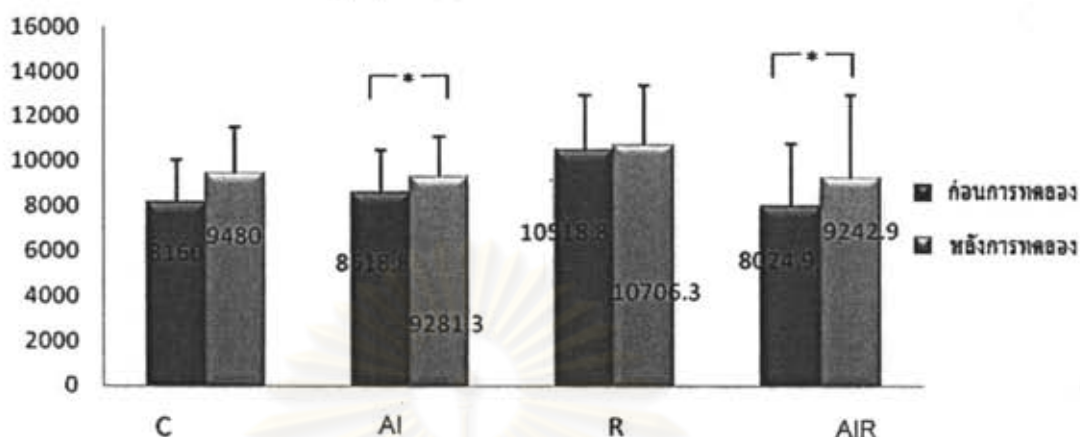
กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส (ยูนิต/ลิตร)



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 24** แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

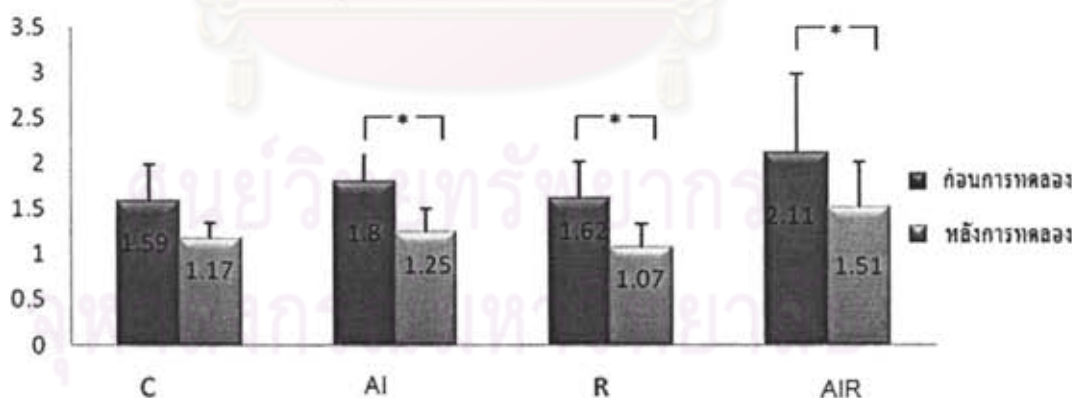
กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวม (ยูนิต/ลิตร)



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวม ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอรอบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอรอบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

มาลอนไดออลดีไฮด์ (ไมโครโมล/ลิตร)



\*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมาลอนไดออลดีไฮด์ และหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอรอบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอรอบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยตัวแปรการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง

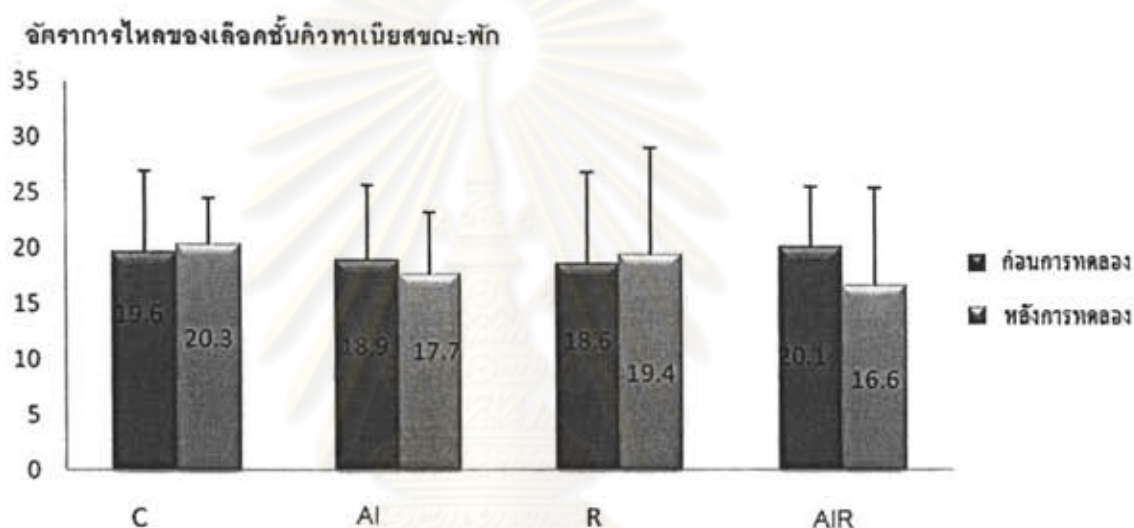
ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส ของกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านก่อนและหลังจากการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=8)		กลุ่มฝึกแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบา (AI; n=8)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R; n=7)		กลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับ เบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR; n=8)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
อัตราการไหลของ เลือดชั้นคิวทาเนียส ขณะพัก	19.6 ± 7.3	20.3 ± 4.2	18.9 ± 6.8	17.7 ± 5.5	18.6 ± 8.2	19.4 ± 9.7	20.1 ± 5.5	16.6 ± 8.9
อัตราการไหลของ เลือดชั้นคิวทาเนียส สูงสุด	80.6 ± 40.0	88.3 ± 55.2	83.5 ± 39.4	90.6 ± 48.7	87.6 ± 61.8	91.2 ± 44.8	85.6 ± 52.4	95.3 ± 45.8
อัตราการไหลของ เลือดชั้นคิวทาเนียส สูงสุดต่อขณะพัก	4.9 ± 1.4	5.0 ± 1.6	5.1 ± 1.3	5.6 ± 1.5	5.4 ± 1.7	5.7 ± 1.2	5.5 ± 1.5	5.9 ± 1.4†

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

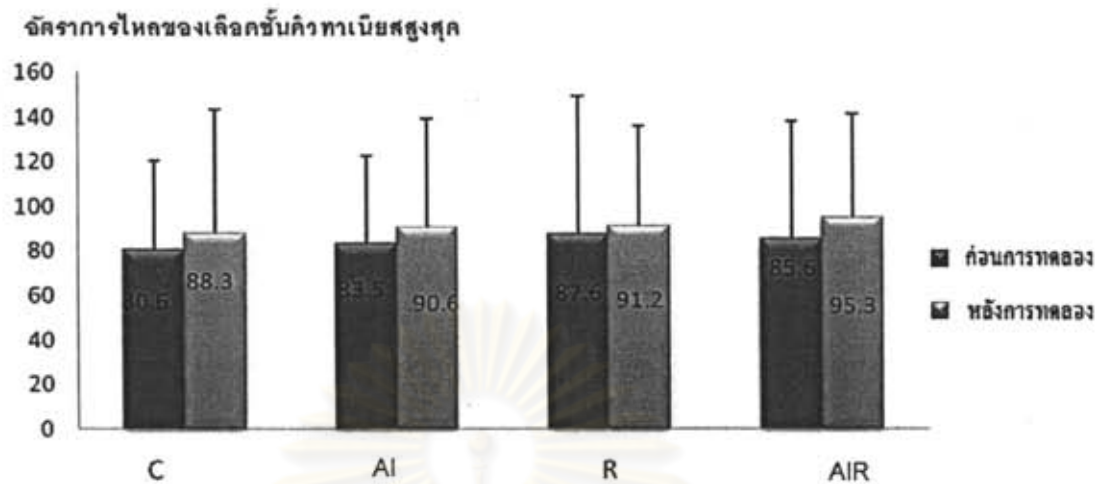
จากตารางที่ 11 พบว่า อัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสขณะพัก และอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสสูงสุดของทุกกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและระหว่างกลุ่ม ส่วนอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสสูงสุดต่อขณะพัก ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 27 28 และ 29

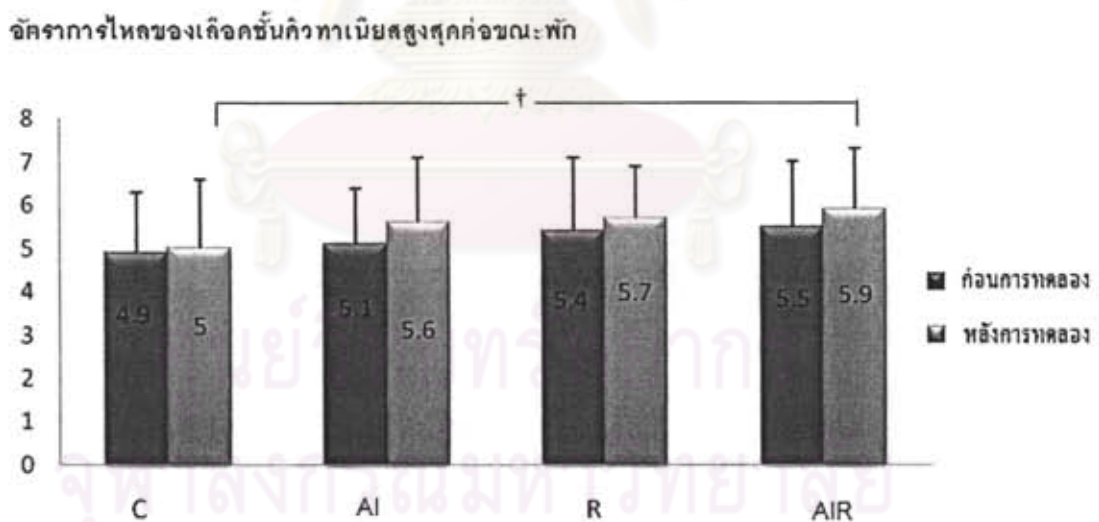


แผนภูมิที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสขณะพัก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการใช้ของเลือดชั้นคิวทาเนียสูงสุดก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอรโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอรโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการใช้ของเลือดชั้นคิวทาเนียสูงสุดต่อขณะพัก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (C) กลุ่มแอรโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา (AI) กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (R) และกลุ่มฝึกแอรโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (AIR) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลจากการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา ผสมผสานการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยชมรมเบาหวาน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ทั้งเพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 50-70 ปี จำนวน 32 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่ได้รบกวนกิจกรรมการออกกำลังกายแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน โดยกลุ่มทดลองทำการฝึก สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 35 นาที ก่อนและหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการวัดตัวแปรทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ การไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส และสารชีวเคมีในเลือด นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

#### สรุปผลการวิจัย

1. ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การฝึกโดยใช้แรงต้าน และการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน พบว่าไม่มีเนื้อข้อใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5

2. ผลการวัดตัวแปรทางสรีรวิทยา พบว่า

2.1 น้ำหนักตัวของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.2 ค่าดัชนีมวลกายของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.3 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และในกลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และในกลุ่มแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาหลังการทดลองมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.4 ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดและคลายตัวสูงสุดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

### 3. ผลด้านสุขสมรรถนะ พบว่า

#### 3.1 ด้านองค์ประกอบทางกาย

3.1.1 มวลไขมันของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3.1.2 เปอร์เซ็นต์ไขมันของกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาหลังการทดลองมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ .05

3.1.3 มวลกล้ามเนื้อของกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3.1.4 อัตราส่วนเอวต่อสะโพกของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

#### 3.2 ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า

3.2.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3.2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านหลังการทดลองมีค่ามากขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3.2.3 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าอกของกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

3.2.3 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังของกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01



3.3 ด้านความอ่อนตัว ในทำยืดแขนและปลายเท้า พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

3.4 ด้านความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ พบว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบก่อนการทดลองและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

#### 4.ผลด้านสารชีวเคมีในเลือด พบว่า

4.1 ระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมงของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.2 ไกลโคซีเลทฮีโมโกลบินของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.3 ค่าการประเมินความเครียดออกซิเดชัน โดยวิธี โฮมีโอสเตซิสของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้านมีค่าลดลงจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.4 กลอเลสเทอรอลของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.5 ไฮเดนซิติโลโปโปรตีนของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.6 โลวเดนซิติโลโปโปรตีนของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มฝึกโดยใช้แรงด้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.7 ไตรกลีเซอไรด์ของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

4.8 วอนวิลลิแบนด์แฟกเตอร์ของกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านมี



ค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมหลังการทดลอง และกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านหลังการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.9 กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสของกล้ามเนื้อฝึกโดยใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และในกล้ามเนื้อแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.10 กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวมของกล้ามเนื้อแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาและกล้ามเนื้อแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.11 มาลอนไดอัลดีไฮด์ ในกล้ามเนื้อแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาและกล้ามเนื้อแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และในกล้ามเนื้อฝึกโดยใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

## 5. ผลของการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส

5.1 อัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสขณะพักของทั้งสองกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและระหว่างกลุ่ม

5.2 อัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสสูงสุดของทั้งสองกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและระหว่างกลุ่ม

5.3 อัตราการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียสสูงสุดต่อขณะพัก ในกล้ามเนื้อแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

## อภิปรายผล

ผลของการออกกำลังกายต่อตัวแปรทางสรีรวิทยา ของกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

การออกกำลังกายเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าให้ผลดีต่อการฟื้นฟูของตัวแปรทางสรีรวิทยาอันได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต น้ำหนักตัว และดัชนีมวลกาย มีงานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางสรีรวิทยาจากการออกกำลังกายจากชิคและคณะ (Jakicic et al., 2003) ได้ศึกษาเรื่องผลของระยะเวลาและความหนักในการออก-

กำลังกายที่มีผลต่อการลดน้ำหนักในผู้หญิงวัยทำงาน พบว่า ทั้งการออกกำลังกายในระดับความหนักสูง (2,000 -2,500 กิโลแคลอรีต่อสัปดาห์) และการออกกำลังกายในระดับความหนักต่ำ (1,000 กิโลแคลอรีต่อสัปดาห์) ให้ผลที่ดีต่อการลดน้ำหนักตัว แต่การออกกำลังกายแบบความหนักสูงให้ผลที่ดีกว่า และ ฟาวแมนและคณะ (Fahlman et al.,2002) รายงานว่าผลของการออกกำลังกายแอโรบิกหลังการทดลอง พบว่าให้ผลดีในการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในผู้สูงอายุเพศหญิง สำหรับผลของการออกกำลังกายที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มีนักวิจัยหลายท่านได้แสดงให้เห็นถึงผลการเปลี่ยนแปลงที่ดี ดังเช่นฮอน โคล่าและคณะ (Honkola et al., 1997) ได้ทำการศึกษาเรื่องการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านที่มีผลต่อค่าเมตาบอลิก พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านทำให้ค่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวลดลง ต่อมาบอลดุซซี่และคณะ (Balducci et al., 2004) ได้ศึกษาการออกกำลังกายแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อค่าเมตาบอลิก พบว่า ทำให้น้ำหนักตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

สำหรับผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า กลุ่มออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มีน้ำหนักตัว ค่าดัชนีมวลกาย และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบาส่งผลดีต่อตัวแปรทางสรีรวิทยา และช่วยในการพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด สำหรับดัชนีมวลกายที่ลดลงบ่งบอกถึงภาวะอ้วนที่ลดลง ซึ่งภาวะอ้วนที่ลดลงจะส่งผลให้การควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ดีขึ้น และการที่อัตราการเต้นของหัวใจลดลงน่าจะมีสาเหตุมาจากการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (Parasympatetic vagas) ที่มาเลี้ยงหัวใจ ซึ่งเนื่องมาจากการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกที่ลดลง นอกจากนี้ยังเป็นเพราะการทำงานของเอสเอ โนด (SA node) ซึ่งเป็นตัวกำหนดอัตราการเต้นของหัวใจมีความไวต่อแควดิโคมามีนลดลง จึงส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง (ถนอมวงศ์ ฤกษ์พันธ์, 2544) สำหรับกลุ่มออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน พบว่ามีน้ำหนักตัว และค่าดัชนีมวลกายลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และมีค่าอัตราการเต้นหัวใจขณะพักลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง ผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาสองค่านี้น่าจะเป็นผลที่มาจาก การฝึก แอโรบิกแบบหนักสลับเบา เป็นเหตุผลทางกลไกดังที่ได้กล่าวข้างต้น ส่วนกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปรทางสรีรวิทยาดังกล่าว อาจเป็นผลเนื่องมาจากการออกกำลังกายชนิดนี้มีการใช้พลังงานไม่มากเท่ากับการออกกำลังกายในสองกลุ่ม



ข้างต้น การใช้พลังงานที่ไม่มากพอในการออกกำลังกายทำให้การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางสรีรวิทยาโดยเฉพาะ น้ำหนักตัว และดัชนีมวลกาย ไม่เห็นผลชัดเจน (Jakicic et al., 2003)

**ผลของการออกกำลังกายต่อสุขภาพของคนที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน**

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ไขมันในร่างกายที่มากเกินไปย่อมมีส่วนสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ภาวะโรคหลอดเลือดหัวใจ และการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (ACSM, 2006) ดังนั้นการประเมินภาวะอ้วนซึ่งเกิดจากการที่มีมวลไขมันในร่างกายมากเกินไป ย่อมทำให้ทราบถึงสถานะเสี่ยงต่อการเกิดโรค หรือการลดลงของภาวะ โรคดังกล่าวได้ ในการวิจัยครั้งนี้พบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีการลดลงของอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก ซึ่งการลดลงนี้เป็นตัวชี้วัดถึงการลดลงของไขมันที่กระจาย โดยรวมของร่างกาย (Bray and Gray, 1988) และมีการลดลงของปริมาณไขมัน สอดคล้องกับงานวิจัยของเอเนส (Earnest, 2008) ที่พบว่า การฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา (ในผู้ป่วยที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเป็นเบาหวาน) จะทำให้มีการลดลงของภาวะอ้วน และในงานวิจัยของไซกอลและคณะ (Sigal et al., 2007) พบว่า การฝึกโดยใช้แรงต้านในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มีผลช่วยลดปริมาณไขมัน และดัชนีมวลกาย มีการลดลงของปริมาณไขมันเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และยังคงสอดคล้องกับงานวิจัยของมายโอราน่าและคณะ (Maiorana et al., 2001) ซึ่งได้ศึกษาเรื่องผลของการผสมผสานการออกกำลังกายแอโรบิกกับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน (ผสมผสานแบบทำเป็นวงจร) ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า มีการลดลงของปริมาณไขมันในร่างกาย และรอบเอว การเพิ่มขึ้นของปริมาณกล้ามเนื้อ การลดลงของอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก นอกจากนี้ การฝึกโดยใช้แรงต้านและการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านยังมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกล้ามเนื้อ และมวลกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการเพิ่มขึ้นของการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Holten et al., 2004) เป็นผลให้ภาวะอ้วนลดลง จะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายทั้งสามรูปแบบมีผลดีต่อการพัฒนาองค์ประกอบทางด้านร่างกาย ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงการลดลงของภาวะอ้วน ซึ่งภาวะอ้วนที่ลดลงนั้นจะส่งผลให้การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดดีขึ้น

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ดีจะมีประโยชน์ทำให้ผู้สูงอายุ (ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้เป็นผู้สูงอายุที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2) เคลื่อนไหวได้อย่างกระฉับกระเฉง ส่งผลดีในการทรงตัว และเพิ่มความมั่นคงระหว่างการเดินทาง การขาดกิจกรรมที่พัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออาจทำให้



เกิดโรคกล้ามเนื้อลีบ (Sarcopenia) ทำให้อัตราการใช้พลังงานขณะพัก (Basal metabolic rate) ลดลง และมีการเพิ่มขึ้นของเซลล์ไขมัน (Adipose cell) (ACSM, 2006) ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต้นขาด้านหน้าและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ซึ่งความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นนี้ น่าจะเกิดจากการที่ต้นขาต้องแบกรับน้ำหนักตัวจากการฝึกเดินและการเพิ่มความชันแบบหนักสลับเบาบนลู่วิ่ง ส่วนความแข็งแรงของร่างกายส่วนบน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะร่างกายส่วนบนไม่ได้รับแรงต้านในการเพิ่มความแข็งแรง ส่วนในกลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้านมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง กล้ามเนื้อหน้าอก และกล้ามเนื้อหลัง มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การฝึกโดยใช้แรงต้านให้ผลในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยรวมของร่างกาย ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบโปรแกรมการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบความหนักสูง คือฝึกที่ความหนักประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด 1 ครั้ง ซึ่งทำให้สามารถสร้างแรงกระตุ้นต่อกล้ามเนื้อในระดับสูง และมีผลไปกระตุ้นการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานขณะพัก (Wescott and Beechle, 1998) สอดคล้องกับงานวิจัยของฟาเทารอสและคณะ (Fatouros et al., 2005) ที่ได้ทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบของการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักสูง (80-85 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด 1 ครั้ง) กับการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักต่ำ (50-55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด 1 ครั้ง) ในผู้สูงอายุเพศชาย พบว่าการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักสูงให้ผลที่ดีกว่าในเรื่องการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยรวม ความจุแอนแอโรบิก สมรรถภาพทางด้านร่างกาย และการคงอยู่ของสมรรถภาพทางร่างกายเมื่อไม่ได้รับการฝึก และในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อโดยรวมมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีผลในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยรวมของร่างกายเหมือนกับการฝึกโดยใช้แรงต้าน ซึ่งผลดังกล่าว น่าจะเกิดผลรวมของแรงต้านจากดัมเบลล์และแรงต้านของน้ำหนักตัวจากการเดินและเพิ่มความชันบนลู่วิ่ง

ด้านความยืดหยุ่นของร่างกายเป็นสิ่งช่วยบ่งบอกความสามารถของช่วงการเคลื่อนไหวของร่างกาย ถ้าหากมีความยืดหยุ่นของร่างกายต่ำ เมื่อมีการเคลื่อนไหวของร่างกาย อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการฝึกขาดของกล้ามเนื้อได้ (ACSM, 2006) การวิจัยในครั้งนี้ พบว่าความยืดหยุ่นของร่างกายจากท่ายืดแขนแตะปลายเท้า พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสี่กลุ่มการทดลอง รวมทั้งความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ตามปกติผู้สูงอายุจะมีความยืดหยุ่นของร่างกายอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำอยู่แล้วตามการเสื่อมถอยตามวัย (Raab et al., 1988) อาจทำให้การ

พัฒนาเรื่องความยืดหยุ่นเป็นไปได้อย่างล่าช้า และจากการที่มีการเปลี่ยนแปลงได้น้อยอาจเป็นผลมาจากความยืดหยุ่นของหลังส่วนล่างและสะโพกอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อดูจากค่าทางสถิติจะเห็นได้ว่ากลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และหากได้รับการฝึกต่อไปเรื่อยๆ ความยืดหยุ่นของร่างกายน่าจะเห็นความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญได้

ด้านความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจเป็นหัวใจชีวิตด้านสุขสมรรถนะที่สำคัญ เนื่องจาก 1) ค่าความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจที่ต่ำมีความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดกับการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือดอย่างฉับพลัน 2) การเพิ่มของค่าความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจมีความสัมพันธ์ต่อการลดความเสี่ยงของการเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือดอย่างฉับพลัน 3) ค่าของความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจที่สูงย่อมหมายถึงลักษณะนิสัยที่มีการเคลื่อนไหวทางกายเป็นประจำ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประโยชน์ในด้านสุขภาพ (Blair et al., 1995) ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 การเพิ่มขึ้นของความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของความเสี่ยงต่ออินซูลิน (Tremblay et al., 1994) ซึ่งทำให้การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดทำได้ดีขึ้น จากผลการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวัดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพื่อบ่งบอกความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ พบว่ากลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาและกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลองมีสอดคล้องกับงานวิจัยของจอนน่าและคณะ (Jonna et al., 2008) ที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาในผู้ป่วยกลุ่มอาการเมตาบอลิก โดยผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาให้ผลการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในการเพิ่มความจุแอโรบิก อาจเป็นเพราะว่าการออกกำลังกายแอโรบิกโดยทั่วไปเป็นการออกกำลังกายที่ต้องทำต่อเนื่องด้วยความหนักของงานที่ใกล้เคียงกันตลอดการฝึก แต่การออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา มีหลักการว่าเป็นการออกกำลังกายที่มีช่วงการออกกำลังกายที่ความหนักสูง (ทำได้ตั้งแต่ 15 วินาทีจนถึง 4 นาที โดยทำที่ความหนักมากกว่า 90 % ของ  $VO_{2max}$ ) สลับกับช่วงการลดความหนัก (40-50%  $VO_{2max}$ ) โดยสลับกันไปเรื่อยๆ โดยช่วงลดความหนักนี้อาจใช้เวลาเท่ากับตอนช่วงการออกกำลังกายที่ความหนักสูงหรือมากกว่านี้ แม้ว่าผลการฝึกโดยรวมของการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาเป็นการใช้พลังงานแบบแอโรบิก แต่ช่วงของการเปลี่ยนกลับไปมาของความหนักสูงและความหนักที่ต่ำลงทำให้เกิดเกี่ยวพันถึงการใช้พลังงานในช่วงแอนแอโรบิก ซึ่งมีผลช่วยผลักดันให้การใช้ออกซิเจนในไมโทคอนเดรียมีประสิทธิภาพอย่างมากในการพัฒนาความจุของระบบแอโรบิก (Earnest, 2008) อันได้แก่ การเพิ่มของพีจีซีวันแอลฟา (PGC1alpha) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในปฏิกิริยาออกซิเดทีฟฟอสโฟริเลชัน (Oxydative phosphorylation) หรือปฏิกิริยาการหายใจของเซลล์



(Wisloff et al., 2007) และการเพิ่มขึ้นของพีจีซีวันแอลฟา ยังมีผลทำให้ความถี่ต่ออินซูลินลดลงด้วย (Tremblay et al., 1994) ในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและระหว่างกลุ่ม อาจเป็นเพราะการฝึกโดยใช้แรงต้านจะมีส่วนในการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อมากกว่าการพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ สอดคล้องกับงานของเฮอบัต (Hurlbut et al., 2002) ที่ศึกษาผลของการฝึกโดยใช้แรงต้านในกลุ่มคนที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำที่มีการเปลี่ยนแปลงของความสามารถทางแอโรบิกน้อยมาก ส่วนในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน แม้ว่าในช่วงการฝึกของแอโรบิกที่น้อยกว่ากลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา แต่ผู้วิจัยได้ออกแบบการวิจัยนี้ให้มีการฝึกโดยใช้แรงต้านก่อนการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา ซึ่งจะช่วยให้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ดี สอดคล้องกับงานของนาทรี (นาทรี ผลใหญ่, 2552) ที่พบว่า การฝึกโดยใช้แรงต้านก่อนการฝึกแอโรบิกให้ผลในการเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ดีกว่าการฝึกโดยใช้แรงต้านหลังการฝึกแอโรบิก

ผลของการออกกำลังกายต่อความสามารถในการควบคุมระดับน้ำตาลของกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

ระดับน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) ในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นผลจากความบกพร่องในการผลิตอินซูลินจากตับอ่อน และ/หรือภาวะดื้อต่ออินซูลิน ซึ่งการที่เนื้อเยื่อลดการตอบสนองต่ออินซูลิน การที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานานก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนต่อหลอดเลือดแดงขนาดเล็ก (Microvascular complication) และหลอดเลือดแดงขนาดใหญ่ (Macrovascular complication) ได้แก่ แผลเรื้อรังที่เท้ารักษาไม่หาย และความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินปัสสาวะ ระบบสืบพันธุ์ และระบบประสาทอัตโนมัติ ตาบอด ไตวาย รวมทั้งโรคหัวใจและหลอดเลือด (American Diabetes Association, 2007)

น้ำตาลในเลือดของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง แสดงให้เห็นถึงผลการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบให้ผลที่ดีในการลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 สอดคล้องกับงานวิจัยของเอิร์นส (Earnest, 2008) ที่พบว่า การฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา มีผลต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 (Pre-diabetes) และพบว่ามีการลดลงของระดับน้ำตาลในเลือดและค่าไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน งานวิจัยของไซกอลและคณะ (Sigal et al., 2007) พบว่าการออกกำลังกาย



แอรอบิกที่มีการผสมผสานกับการฝึกโดยใช้แรงต้านมีผลในการลดของค่าไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน แม้ว่าในการทดลองครั้งนี้จะไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน แต่งานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าการฝึกชนิดนี้มีประโยชน์ในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด งานวิจัยเคซาและคณะ (Cauza et al., 2005) พบว่าการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านเพียง 8 สัปดาห์ มีผลในการลดลงของระดับน้ำตาลในเลือดและค่าไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน และงานวิจัยของฮอลเตนและคณะ (Holten et al., 2004) พบว่า การฝึกโดยใช้แรงต้านช่วยเพิ่มตัวขนส่งกลูโคสทรานสปอร์ตอร์ ซึ่งเป็นตัวนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์

ค่าการประเมินความคืบหน้าอินซูลิน โดยวิธีโฮมีโอสเตติก เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความคืบหน้าอินซูลิน ซึ่งภาวะคืบหน้าอินซูลินคือ ภาวะที่ตัวรับอินซูลินต่ออินซูลินที่เนื้อเยื่อมีจำนวนลดลง ทำให้มีการใช้น้ำตาลของกล้ามเนื้อลดลง หรืออินซูลินจับกับตัวรับอินซูลิน ได้แต่มีความผิดปกติในการทำปฏิกิริยาในเซลล์ ทำให้เนื้อเยื่อไม่สามารถนำกลูโคสไปใช้ได้ (Turner et al., 1993) จากการทดลองพบว่า ค่าความคืบหน้าอินซูลินของกลุ่มฝึกแอรอบิกแบบช่วงหนักสลับเบา การฝึกโดยใช้แรงต้าน และการฝึกแอรอบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการฝึกออกกำลังกายทั้ง 3 รูปแบบทำให้การตอบสนองของตัวรับอินซูลินเมื่อจับกับอินซูลินให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร่างกายสามารถนำน้ำตาลไปใช้ในเซลล์ได้ดีขึ้น ซึ่งบ่งบอกถึงภาวะเบาหวานที่ดีขึ้นนั่นเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของจอนน่าและคณะ (Jonna et al., 2008) ที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการฝึกแอรอบิกแบบหนักสลับเบาในผู้ป่วยกลุ่มอาการเมตาบอลิก ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแอรอบิกแบบหนักสลับเบาให้ผลการเปลี่ยนแปลงในการฟื้นฟูอาการของผู้ป่วยกลุ่มอาการเมตาบอลิกซินโดรมได้ดีกว่าทั้งในด้านความสามารถในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และค่าไกลโคซีเลทฮีโมโกลบิน ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มที่ฝึกโดยใช้แรงต้านมีค่าความคืบหน้าอินซูลินน้อยกว่าก่อนการทดลอง อาจเป็นเพราะการฝึกโดยใช้แรงต้านมีผลในการเพิ่มขึ้นของตัวรับอินซูลิน และโปรตีนที่เป็นตัวส่งสัญญาณของอินซูลิน ได้แก่ โปรตีนเอเคที (Akt protein) (Krisan et al., 2004) ซึ่งเป็นผลโดยตรงที่ทำให้ค่าการประเมินความคืบหน้าอินซูลิน โดยวิธีโฮมีโอสเตติกลดลง ดังนั้นในกลุ่มฝึกแอรอบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าความคืบหน้าอินซูลินลดลงมากกว่าเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และลดต่ำกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลอง ซึ่งผลของการลดลงของความคืบหน้าอินซูลินจากการออกกำลังกายชนิดนี้ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่อาจเนื่องมาจากผลทางกลไกของการฝึกทั้งการฝึกแอรอบิกแบบช่วงหนักสลับเบา และการฝึกโดยใช้แรงต้านรวมกัน จึงทำให้การลดลงของความคืบหน้าอินซูลินทำได้ดี สอดคล้องกับงานของคัฟและคณะ (Cuff et al., 2003) ที่ศึกษาการฝึกแบบผสมผสานระหว่างแรงต้านและแอรอบิกซึ่งพบว่า มีผลทำให้ความไวต่ออินซูลินดีขึ้น

ผลของการออกกำลังกายต่อปริมาณไขมันในเลือดของกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

ปริมาณไขมันในเลือด ที่ทำการวัดในการวิจัยครั้งนี้คือ คอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิติโลโปโปรตีน และ โลวเดนซิติโลโปโปรตีน มีหลักฐานชัดเจนว่า การเพิ่มขึ้นของไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล และ โลวเดนซิติโลโปโปรตีน ร่วมกับการลดลงของไฮเดนซิติโลโปโปรตีน มีส่วนสำคัญในการเพิ่มความเสี่ยงของการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ (วิญญู มิตรานันท์, 2540) ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มีค่าคอเลสเตอรอล และ โลวเดนซิติโลโปโปรตีนลดลง และมีค่าไฮเดนซิติโลโปโปรตีนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของทาลาเนียนและคณะ (Talanian et al., 2007) ที่ศึกษาผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาต่อปฏิกิริยาการเผาผลาญพลังงานในผู้หญิง พบว่าให้ผลที่ดีในการลดลงของคอเลสเตอรอล กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน มีค่าไฮเดนซิติโลโปโปรตีนเพิ่มขึ้น และค่าโลวเดนซิติโลโปโปรตีนลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ซึ่งการฝึกโดยใช้แรงต้านมักให้ผลการเปลี่ยนแปลงต่อการลดลงของคอเลสเตอรอล และ โลวเดนซิติโลโปโปรตีน และการเพิ่มขึ้นของไฮเดนซิติโลโปโปรตีน ส่วนการเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์มักเห็นได้ไม่ชัดเจน (McArdle et al., 2000) การฝึกโดยใช้แรงต้านทำให้มีมวลกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มขึ้นนี้เองเป็นผลให้การเผาผลาญพลังงานในร่างกายสูงขึ้นตามไปด้วย การเผาผลาญพลังงานของร่างกายที่ดีขึ้นน่าจะส่งผลต่อการควบคุมระดับไขมันในเลือดที่ดีขึ้นนั่นเอง สอดคล้องกับงานของมารีแอนและคณะ (Mariane et al., 2002) ที่ศึกษาการฝึกโดยใช้แรงต้านในผู้สูงอายุ เพียง 10 สัปดาห์พบว่า มีค่าไฮเดนซิติโลโปโปรตีนสูงขึ้น และ โลวเดนซิติโลโปโปรตีนต่ำลง และในกลุ่มที่ฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ค่าโลวเดนซิติโลโปโปรตีน และ ไตรกลีเซอไรด์ลดลง และค่าไฮเดนซิติโลโปโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ขัดแย้งกับงานของมายอออราเนาและคณะ (Miorana et al., 2001) ที่ศึกษาการฝึกแรงต้านผสมผสานกับแอโรบิกในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันในเลือด อาจเป็นเพราะการฝึกแอโรบิกในงานของมายอออราเนาเป็นการฝึกแอโรบิกแบบต่อเนื่อง ซึ่งต่างจากงานของผู้วิจัยที่เป็นแบบหนักสลับเบาผลดังกล่าวอาจจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันในเลือดมีความแตกต่างกัน



ผลของการออกกำลังกายต่อหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดของกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิก แบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

ระดับน้ำตาลในกระแสเลือดที่สูงขึ้น ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเซลล์บุผนังหลอดเลือด การบาดเจ็บของเซลล์ดังกล่าวก่อให้เกิดการอักเสบของหลอดเลือดตามมา (Croce et al., 2006) มีรายงานว่า ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูญเสียหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Beckman et al., 2007) โดยกระตุ้นให้มีการสร้างสารในกลุ่มรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และแควานซีไกลโคไซด์เลทเอน โพรดักซ์ ส่งผลให้เซลล์เอนโดทีเลียมไม่สามารถสร้างไนตริกออกไซด์ เพื่อรักษาสมดุลของหลอดเลือด (Gutterman, 2002) ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง โรคไต โรคหลอดเลือดส่วนปลาย รวมทั้งมีผลต่อการหายของบาดแผลในผู้ป่วยโรคเบาหวานอีกด้วย (Kunz et al., 2006)

การออกกำลังกายถูกพบว่าให้ประโยชน์ที่ดีในการฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ในกลุ่มที่ฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา มีค่ามาลอนไดอัลดีไฮด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก มาลอนไดอัลดีไฮด์ เป็นผลิตภัณฑ์จากการออกซิไดซ์โดยอนุมูลอิสระของปฏิกิริยาลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายกับเยื่อหุ้มเซลล์ที่ประกอบด้วยลิพิด 2 ชั้น (โอภา วัชรคุปต์, 2549) มาลอนไดอัลดีไฮด์จึงเป็นตัวชี้วัดการทำลายของอนุมูลอิสระ ซึ่งการทำลายของอนุมูลอิสระเป็นผลให้เกิดการทำลายของเซลล์บุผนังหลอดเลือด การลดลงของมาลอนไดอัลดีไฮด์บ่งบอกถึงการที่มีการทำลายของอนุมูลอิสระที่ลดลง นั่นก็มีการทำลายของเซลล์บุผนังหลอดเลือดลดลง ทำให้หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดดีขึ้น นอกจากนี้ในกลุ่มที่ฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา ยังมีค่ากลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนฝึก ค่ากลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวมมีส่วนสำคัญในการเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารกลุ่มรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และสารพวกลิพิดเปอร์ออกไซด์ให้กลายเป็นน้ำและสารพวกลิพิดแอลกอฮอล์ หากขาดกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส อาจทำให้เปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารพวกลิพิดเปอร์ออกไซด์ทำอันตรายแก่เซลล์ โดยเปลี่ยนเป็นสารไฮดรอกซี และลิพิดเปอร์ออกซี ทำให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดถูกทำลาย การเพิ่มขึ้นของกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส บ่งบอกถึงการกำจัดสารกลุ่มรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และสารพวกลิพิดเปอร์ออกไซด์ได้มากขึ้น (Wassmann et al., 2004) ทำให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดมีหน้าที่การทำงานที่ดีขึ้นนั่นเอง การฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาจึงให้ผลที่ดีในการฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด สอดคล้องกับงานของจอนน่าและคณะ (Jonna et al., 2007) ที่ศึกษาการฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาในผู้ป่วยกลุ่มอาการเมตาบอลิก พบว่าให้ผลดีในการฟื้นฟู



หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดและคิดว่ากลุ่มที่ฝึกแอโรบิกโดยทั่วไป จากการตรวจด้วยอุปกรณ์อัลตราซาวด์หลอดเลือด สาเหตุเรื่องการพัฒนาของหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดอาจเนื่องมาจากการฝึกแบบนี้เป็นการฝึกความเข้มข้นสูงสลับกับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า จึงทำให้เกิดความเครียดเฉือน (Shear stress) ซึ่งมีต่อผนังหลอดเลือดที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา และส่งผลให้เกิดความแตกต่างในการตอบสนองทางโมเลกุลซึ่งแตกต่างจากการฝึกแอโรบิกแบบทั่วไป ผลของความเครียดเฉือนทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์เอนโดทีเลียมไนตริกออกไซด์ซินเทส ซึ่งทำให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์มากขึ้น (Moyna and Thompson, 2003) หลอดเลือดจึงมีการขยายตัวที่ดีขึ้น ซึ่งบ่งบอกบอภาวะที่ดีขึ้นของหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด

กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน มาลอนไดอัลติสไซค์ และกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนฝึก โดยเฉพาะค่ามาลอนไดอัลติสไซค์มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ซึ่งแสดงถึงผลที่ดีขึ้นของหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด สอดคล้องกับงานวิจัยของโอล์สันและคณะ (Olson et al., 2006) ที่ศึกษาผลของการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีต่อหลอดเลือดในผู้หญิงน้ำหนักเกิน โดยการวัดการไหลของเลือด โดยอุปกรณ์อัลตราซาวด์ พบว่าให้ผลที่ดีต่อหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดแดงส่วนปลาย กลไกการเปลี่ยนแปลงของการฝึกโดยใช้แรงต้านนี้อาจอธิบายด้วยการลดลงของโมเลกุลยึดติด (Adhesion molecule) เช่น VCAM-1 (Cohen et al., 2007) ซึ่งส่งผลให้หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดดีขึ้น

การฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ให้ผลดีในการลดลงของวอนวิลลิแบนด์แฟกเตอร์ในเลือดเมื่อเทียบกับก่อนฝึก กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้านหลังฝึก และกลุ่มควบคุมหลังฝึก เมื่อหลอดเลือดเมื่อเกิดการฝึกขาดและเสียหาย เช่น การทำลายของสารกลุ่มรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ จะทำให้เกิดการเปิดของชั้นใต้เซลล์บุผนังหลอดเลือดที่อยู่ใต้เซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดบริเวณชั้นใต้เซลล์บุผนังหลอดเลือด จะกระตุ้นให้เกิดการเข้ามาเกาะของเกล็ดเลือดเพื่ออุดรอยรั่วของหลอดเลือด (platelet adhesion) การเข้ามาเกาะของหลอดเลือดกับชั้นใต้เซลล์บุผนังหลอดเลือด อาศัย vWF เป็นตัวเชื่อม (Lip et al., 1997) วอนวิลลิแบนด์แฟกเตอร์จึงเหมือนเป็นตัวชี้วัดตัวหนึ่งที่สามารถบอหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Badimon et al., 1992) การลดลงของค่า วอนวิลลิแบนด์แฟกเตอร์ในกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านจึงมีความหมายว่าหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดมีค่าดีขึ้นกว่าก่อนการทดลอง และคิดว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ฝึกโดยใช้แรงต้าน นอกจากนี้ค่าของกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดส และกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวมลดลงเมื่อเทียบกับก่อนฝึก และค่าอัตราการผลิตไนตริกออกไซด์ซินเทสสูงที่สุดต่อขณะพักมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังฝึก ซึ่งบ่งชี้ไปในทางเดียวกันว่าให้ผลดีในการฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด สอดคล้องกับงานวิจัย

ของมายออราน่าและคณะ (Maiorana et al., 2001) ที่พบว่าการศึกษาแบบผสมผสานนี้เองให้ผลที่ดีต่อ การฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 การฝึก แอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีในการฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของ เซลล์บุผนังหลอดเลือดเมื่อเทียบกับก่อนฝึกมาจากเหตุผลเรื่องการเพิ่มขึ้นของความเครียดเนื่อง แต่สำหรับเหตุผลเรื่องความแตกต่างระหว่างกลุ่มยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด เนื่องจากการฝึกที่เป็น การผสมผสานจึงเกิดการกระตุ้นต่อผนังหลอดเลือดที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาโดยเฉพาะการ ฝึกแอโรบิกซึ่งเป็นการฝึกแบบหนักสลับเบา ซึ่งน่าจะให้ผลการกระตุ้นที่ดีกว่าการฝึกรูปแบบ ผสมผสานที่เคยทำมา จึงน่าจะส่งผลให้เกิดความแตกต่างในการตอบสนองทางโมเลกุลซึ่งน่าจะ ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกแอโรบิกแบบหนักสลับเบา และกลุ่มที่ฝึกโดยใช้แรงต้าน เหตุผลต่อมาอาจ เนื่องมาจากการลดลงของความเครียดต่ออินซูลิน ซึ่งในกลุ่มนี้มีการลดลงที่ดีกว่ากลุ่มควบคุมหลังการ ทดลองเพียงกลุ่มเดียว มีการศึกษาพบว่าความเครียดต่ออินซูลินมีผลเสียต่อหน้าที่การทำงานของเซลล์ บุผนังหลอดเลือด (Zeng et al., 1996)

สรุปได้ว่า การออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา ให้ผลดีต่อการพัฒนาตัวแปร ทางสรีรวิทยา อันได้แก่ การลดลงของดัชนีมวลกาย และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ทำให้เกิด การพัฒนาด้านสุขสมรรถนะ อันได้แก่ การลดลงของมวลไขมัน เเปอร์เซ็นต์ไขมัน และอัตราส่วน รอบเอวต่อสะโพก การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของร่างกายส่วนล่าง และทำให้สมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนมีค่ามากขึ้น การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดดีขึ้นจากการที่ระดับน้ำตาลในเลือดและค่า ความเครียดต่ออินซูลินลดลง ปริมาณไขมันในเลือดมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น และมีการฟื้นฟู หน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด โดยการลดลงของมาลอนไดอัลดีไฮด์ และการเพิ่มขึ้น ของกลูต้าไทโอนเพอรอกซิเดสรวม

การฝึกโดยใช้แรงต้าน ไม่ได้ส่งผลดีต่อการพัฒนาตัวแปรทางสรีรวิทยา แต่ให้ผลดีในด้าน สุขสมรรถนะ ได้แก่ การลดลงของมวลไขมันและเปอร์เซ็นต์ไขมัน และการเพิ่มขึ้นของมวล กล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย แต่มีผลต่อการ เปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทำให้การควบคุมระดับน้ำตาลทำได้ดีขึ้นจาก การลดลงของระดับน้ำตาลในเลือด ปริมาณไขมันในเลือดมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น และยังส่งผลดี ต่อหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด โดยการลดลงของมาลอนไดอัลดีไฮด์ แม้ว่าการฝึก ชนิดนี้จะอยู่ในช่วงความหนักที่สูง คือ 80-85 % ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด 1 ครั้ง แต่ไม่ได้ส่งผล ในทางลบต่อหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดแต่อย่างใด



การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน เป็นการฝึกที่ออกแบบมาจากการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา โดยมีรูปแบบและความหนักที่เท่ากันแต่ใช้ระยะเวลา น้อยกว่าของการออกกำลังกาย มารวมกับการฝึกโดยใช้แรงต้านที่ทำทางและความหนักเท่ากัน แต่ จำนวนครั้งของการออกกำลังกายน้อยกว่า จะเห็นได้ว่าแม้เป็นการฝึกที่เกิดมาจากการแบ่งครึ่งของ ทั้ง 2 การฝึก แต่สามารถแสดงให้เห็นถึงผลการเปลี่ยนแปลงที่ดีโดยรวมมากกว่าการฝึกอย่างใด อย่างหนึ่งชนิดเดียว ซึ่งเป็นการผสมผสานผลจากการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาและการฝึก โดยใช้แรงต้าน โดยการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านเป็นเพียง กลุ่มเดียวที่มีการลดลงของความคิดต่ออินซูลินอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และการ ฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดจากการวัดอนวิลลิเบนด์แฟคเตอร์ที่มีค่าลดลง มากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน

การฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน เป็นการออกกำลังกาย ที่เหมาะสมต่อผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ในการพัฒนาตัวแปรทางสรีรวิทยาและค่าสุขสมรรถนะ ทำให้การควบคุมระดับน้ำตาลดีขึ้น และช่วยฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ซึ่ง สามารถนำไปแนะนำให้ผู้ป่วยเบาหวาน ได้ออกกำลังกายเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นจาก โรคเบาหวานได้

#### ข้อเสนอแนะ

##### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ควรมีการออกกำลังกายที่ผสมผสานระหว่างแอโรบิกแบบช่วง หนักสลับเบากับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน จึงจะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสุขสมรรถนะ และการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด
2. การนัดหมายผู้เข้าร่วมในการทดลอง ในการทดลองต่างๆ ควรมีการนัดหมายล่วงหน้า ก่อนการทดลองเป็นเวลานาน และจำเป็นต้องมีการย้ำเตือนบ่อยครั้ง ควรมีความชัดเจนของการพูด ด้วยเสียงดังฟังชัด และอธิบายด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย
3. การทดสอบต่างๆ ต้องมีการกระตุ้น ให้กำลังใจ ซึ่งควรอธิบายและสาธิตการทดสอบ ต่างๆให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเข้าใจ
4. สถานที่จัดเข้าร่วมออกกำลังกายควรอยู่ในบริเวณใกล้สถานที่พักของผู้เข้าร่วมการ ทดลองเพื่อผู้เข้าร่วมการทดลองให้สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้อย่างสะดวก และไม่ทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงการดำเนินชีวิตไปจากเดิม



### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาทั่วโลกทางโมเลกุลเชิงลึกของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา ผสมผสานกับการใช้แรงต้าน
2. ควรมีการศึกษาความแตกต่างด้านความหนัก และระยะเวลาของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา ผสมผสานกับการใช้แรงต้านว่าให้ผลอย่างไร ต่อการควบคุมระดับน้ำตาล และหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด
3. ควรมีการศึกษารูปแบบการออกกำลังกายประเภทอื่นๆ ต่อผลด้านการควบคุมระดับน้ำตาล และหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- เจริญทัศน์ จินตเสรี. สมรรถภาพทางกายกับนักกีฬา. วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และนันทนาการ. 15 (เมษายน 2521): 51-52
- ฉวีวรรณ ดีช่วย. ผลของการออกกำลังกายแบบไท้จี้ฉวนต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และสมรรถนะทางแอโรบิกในผู้ป่วยชนิดไม่พึ่งอินซูลิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารสุขภาพ. สาขาวิชาสรีรวิทยา ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- ครุณวรรณ จักรพันธ์. บทบาทของวิตามินซี และการฝึกออกกำลังกายต่อการสูญเสียหน้าที่ของเอนโดทีเลียมในหนูที่ถูกทำให้เป็นเบาหวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารสุขภาพ. สาขาวิชาสรีรวิทยา ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- ครุณวรรณ สุขสม และอาพรณชนิด ศิริแพทย์. รายงานการวิจัยเรื่องการออกกำลังกายด้วยไม้ยี่ดหยุ่น: รูปแบบการออกกำลังกายทางเลือกสำหรับคนไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2550
- ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร และครุณวรรณ จักรพันธ์. เวชศาสตร์การกีฬา 1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 3902301. หน้า 3-4. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- นฤมล ลีลาภูวัฒน์. รายงานการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกออกกำลังกายส่วนแขนต่อการลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552
- นันทวัน โทละบุตร. ผลของการออกกำลังกายระดับปานกลางก่อนอาหารเช้าและก่อนอาหารเย็น ต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารสุขภาพ. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- นาทรพี ผลใหญ่. การนำเสนอรูปแบบการฝึกที่ผสมผสานความอดทน และความแข็งแรงเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ. 10 (มกราคม-เมษายน 2552): 43-44.
- ปลัดกระทรวงสาธารณสุข, สำนักงาน. ส่วนข้อมูลข่าวสารสาธารณสุข. สถิติกระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร: องค์การทหารผ่านศึก, 2534.

- ปลัดกระทรวงสาธารณสุข, สำนักงาน. ส่วนข้อมูลข่าวสารสาธารณสุข. สถิติกระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร: องค์การทหารผ่านศึก, 2548.
- วิเชียร ทองแดง และสมชาย เอี่ยมอ่อง. *Endothelium: An overview of cellular and molecular basis*. หน้า 1-12. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- วีระ กสานติกุล, ศุภางค์ มณีศรี, วรณี ลัฐภาวิบูลย์ และสุทธิลักษณ์ ปทุมราช. *Endothelium: การเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์ของหลอดเลือดผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและเบาหวาน*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- วีรพัฒน์ ยอดกรมศาสตร. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานของการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพชนิดต่างๆระหว่างหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกินและหญิงที่มีน้ำหนักปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- วิญญู มิตรานันท์. *พยาธิวิทยาภายใน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์, 2540.
- สมพล สงวนรังสิริกุล. ประสิทธิภาพของการฝึกการออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีพยาธิสภาพของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจที่ยังไม่แสดงอาการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- อภิชัย คงเสรีพงศ์ และจิตติศักดิ์ หะวานนท์. *กีฬาเวชศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2537.
- โอภา วัชรกุลป์. *สารต้านอนุมูลอิสระ*. กรุงเทพมหานคร: พี.เอส.พริ้นท์., 2549.

## ภาษาอังกฤษ

- Aekplakorn, W., Stolk, R.P., Neal, B., Suriyawongpaisal, P., Chongsuivatwong, V., Cheepudomwit, S. The prevalence and management of diabetes in Thai adults: the international collaborative study of cardiovascular disease in Asia. *Diabetes Care*. 26(2003): 2758-2763.
- Amos, A.F., McCarty, D.J., Zimmet, P. The rising global burden of diabetes and its complication: estimates and projections to the year 2010. *Diabet Med*. 14(Suppl4)(1997): S1-85.
- American Diabetes Association. Standard of medical care in diabetes 2007. *Diabetes Care*. 30 (Suppl 1)(2007): S4-41.



- Badimon, L., Badimon, J.J., Chesebro, J.H., Fuster, V. von willebrand factor and cardiovascular disease. **Thromb Haemost.** 70(1993): 111- 118.
- Baechle, T.R., Earle, R.W. **Essential of strength and conditioning.** California America: Lippincott William&Wilkins, 2000.
- Balducci, S., Leonetti, F., Mario, U.D., Fallucca, F. Is a long-term aerobic plus resistance training program feasible on metabolic profiles in type 2 diabetic patients?. **Diabetes Care.** 27(3) (2004): 841-842
- Beckman, J.A., Goldfine, A.B., Dunaif, A., Gerhard-Herman and Creager, M.A. Endothelial function varies according to insulin resistance disease type. **Diabetes Care.** 30(2007): 1226-1232.
- Betik, A.C., Luckham, V.B., Hughson, R.L. Flow-mediated dilation in human brachial artery after different circulatory occlusion concitions. **Am J Physiol Heart Circ Physiol.** 286(2004):H442-8.
- Blair, S.N., Kohl, H.W., Barlow, C.E. Change in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. **JAMA.** 273(1995): 1093-1098
- Bray, G.A., Gray, D.S. Obesity. Part I. Pathogenesis. **West J Med.** 149(1988): 429-441.
- Croce, G., Passacuale, G., Necozone, S., Ferri, C., Desideri, G. Nonpharmacological treatment of hypercholesterolemia increase circulating endothelial progenitor cell population in adults. **Arteroscler Thromb Vasc Biol.** 26(5)(2006): e38-e39.
- Cauza, E., Hanusch-Enserer, U., Strasser, B., Kostner, K., Dunky, A., Haber, P. Strength and endurance training lead to difference post exercise glucose profiles in diabetic participants using a continuous subcutaneous glucose monitoring system. **Eur J Clin Invest.** 35(2005): 745-751.
- Cuff, D.J., Meneilly, G.S., Martin, A., Ignaszewski, A., Tildesley, H.D., Froblich, J.J. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. **Diabetes Care.** 26(2003): 2977-2982.
- Cohen, N.D., Dunstan, D.W., Robinson, C., Vulikh, E., Zimmet ,P.Z., Shaw, J.E. Improved endothelial function following a 14-month resistance exercise training program in adults with type 2 diabetes. **Diabetes Research and Clinica Practice.** 79(2008): 405– 411.
- Cox, R.C., Vargas, J.S. A comparison of item selection technique for norm-referenced and criterion-referenced test. **Paper presented at the annual meeting of the national council on measurement in education.** (1966).

- Dunstan, D.W., Daly, R.M., Owen, N., Jolley, D., De Courten, M., Shaw, J., Zimmet, P. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. **Diabetes Care**. 10(2002): 1729-1736.
- Earnest, C.P. Exercise interval training: An improved stimulus for improving the physiology of pre-diabetes. **Medical hypothesis**. 71(2008): 752-761.
- Fatouros, I.G., Kambas, A., Katrabasas, I., Nikolaidis, K., Chatzinikolaou, A., Leontsini, D., Taxildaris, K. Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. **Br J Sports Med**. 39(2005): 776-780.
- Fenicchia, L.N., Kaneley, J.A., Azevedo, J.L., Miller, C.S., Weinstock, R.S., Carhant, R.L., Ploutz- Snyder, L.L. Influence of resistance exercise training on glucose control in women with type 2 diabetes. **Metabolism**. 53(2004): 284-289.
- Fernando M., Reindert, G., Andries, J.S., Silvia, B., Anna, L.P., Winendelt, S., Phoillippe, L., Gerhard, R. How to assess post-occlusive reactive hyperemia by means of laser Doppler per fusion monitoring; application to patients with peripheral arterial occlusive disease. **Microvascular research**. 69(1-2)(2005): 17-23.
- Gutterman, D.D. Vascular dysfunction in hyperglycemia: Is protein kinase C the culprit?, **Circ Res**. 90(2002): 5-7.
- Heyward V.H., editor. **Advanced fitness assessment & exercise prescription**. 3<sup>rd</sup> ed. USA: Human kinetics, 1997.
- Helmrich, S.P., Raqgland, D.R., Leung, R.W., Paffenbarger, R.S. Jr. Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. **N Eng J Med**. 325(1991): 147-152.
- Holten, M.K., Zacho, M., Gaster, M., Juel, C., Wojtaszewski, J.F., Dela, F. Strength training increase insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, 53(2004): 294-305.
- Honkola, A., Forsen, T., Eriksson, J. Resistance training improves the metabolic profile in individuals with type 2 diabetes. **Acta diabetol**. 34(1997): 245-248.
- Hurlbut, D.E., Lott, M.E., Ryan, A.S., Ferrell, R.E., Roth, S.M., Ivey, F.M., Martel, G.F., Lemmer, J.T., Fleg, J.L., Hurley, B.F. Does age, sex, or ACE genotype affect glucose and insulin response to strength training. **J Appl Physiol**, 92(2002): 643-650.



- Jakicic, J.M., Marcus, B.H., Gallagher, K.I., Napolitano, M., Lang, W. Effect of exercise duration and intensity on weight loss in overweight, sedentary women: a randomized trial. **JAMA**. 290(2003): 1323-1330.
- King, H., Aubert, R.E., Herman, W.H. Global burden of diabetes, 1995-2025: prevalence, numerical estimates, and projections for 2030. **Diabetes Care**. 27(2004): 1047-1053.
- Krisan, A.D., Collins, D.E., Crain, A.M., Kwong, C.C., Singh, M.K., Bernard, J.R., Yaspelkis III, B.B. Resistance training enhance components of the insulin signaling cascade in normal and high-fat-fed rodent skeletal muscle. **J Appl Physiol**. 96(2004): 1691-1700.
- Kunz, G.A., Liang, G., Cuculi, F., Gregg, D., Vata, K.C., Shaw, L.K. Circulating endothelial progenitor cells predict coronary artery disease severity. **Am Heart J**. 152(1)(2006): 190-195.
- Lip, G.Y.H., Blann, A. von Willebrand factor : a marker of endothelial dysfunction in vascular disorder?. **Cardiovascular Research**. 34(1997): 255-265.
- Maiorana, A., O'Driscoll, G., Cheetham, C., Dembo, L., Stanton, K., Goodman, C., Taylor, R., Green, D. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. **Journal of the American College of Cardiology**. 38(2001): 860-866.
- Marcinik, E.J., Hodgdon, J.A. Change in fitness and shipboard task performance following circuit weight training programs featuring continuous or interval running. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. 56(1987): 132-137.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. **Essentials of exercise physiology**. United States of America: Lippincott William&Wilkins, (2000).
- Marcus, R.L., Smith, S., Morrell, G., Addison, O., Dibble, L.E., Wahoff-Stice, D., Lastayo, P.C. Comparison of combines aerobic and high-force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabetes mellitus. **Phys Ther**. 88(2008): 1345-1354.
- Moyna, N.M., Thompson, P.D. The effect of physical activity on endothelial function in man. **Acta Physiol Scand**. 180(2004): 113-123.
- Olson, T.P., Dengel, D.R., Leon, A.S., Schmitz, K.H. Moderate resistance training and vascular health in overweight women. **Journal of the American College of Sports Medicine**. (2006): 1558-1564.
- Praet, S.F.E., Jonkers, R.A.M., Schep, G., Stehouwer, C.D.A., Kuipers, H., Keizer, H.A., Vanloon, L.J., Long-standing, insulin-treated type 2 diabetes patients with complications



- respond well to short-term resistance and interval exercise training. **European Journal of Endocrinology**. 158(2008): 163-172
- Pryor, W.A., Stanley, J.P. Suggested mechanism for the production of malonaldehyde during the autoxidation of polyunsaturated fatty acids: Nonenzymic production of prostaglandin endoperoxides during autoxidation. **J. Org. Chem.** 40(2008): 3615–3617.
- Rabb, D.M., Agre, J.C., McAdam, M., Smith, E.L. Light resistance and stretching exercise in elderly women: effects upon flexibility. **Arch Phys Med Rehabil.** 69(4) (1988): 268-272.
- Sigal, R.J., Kenny, G.P., Boulé, N.G., Wells, G.A., Prud'homme, D., Fortier, M., Reid, R.D., Tulloch, H., Coyle, D., Phillips, P., Jennings, A., Jaffey, J. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. **Pub Med.** 147(6) (2007): 357-369.
- Talanian, J.L., Galloway, S.D., Heigenhauser, G.L., Bonen, A., Spriet, L.L. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increase the capacity for fat oxidation during exercise in women. **J Appl Physiol.** 102(2007): 1439-1447.
- Tjonna, A.E., Lee, S.J., Rognmo, O., Stølen, T.O., Bye, A., Haram, P.M., Loennechen, J.P., Al-Share, Q.Y., Skogvoll, E., Slørdahl, S.A., Kemi, O.J., Najjar, S.M., Wisløff, U. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: A pilot study. **Circulation.** 118(2008): 346-354.
- Tremblay, A., Simoneau, J.A., Bouchard, C., Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. **Metabolism.** 43(1994): 814-818.
- Turner, R.C., Holman, R.R., Matthews, D., Hockaday, T.D.R., Peto, J. Insulin deficiency and insulin resistance interaction in diabetes: estimation of their relative contribution by feedback analysis from basal plasma insulin and glucose concentration. **Metabolism.** 28(1979): 1086-1096.
- Wassmann, S., Wassmann, K., Nickenig, Modulation of oxidant and antioxidant enzyme expression and function in vascular cells. **Hypertension.** 44(2004): 381-386.

- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J.P., Bruvold, M., Rognmo, Ø., Haram, P.M., Tjønnå, A.E., Helgerud, J., Slørdahl, S.A., Lee, S.J., Videm, V., Bye, A., Smith, G.L., Najjar, .M., Ellingsen, Ø., Skjærpe, T., Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients. **Circulation**. 115(2007): 3086-3094.
- Zeng, G., Quon, M.J. Insulin-stimulated production of nitric oxide is inhibited by wortmannin. Direct measurement in vascular endothelial cells. **J Clin Invest**. 98(4) (1996): 894-898.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AF 01-1



คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสถาบัน ชุมที 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
อาคารสถาบัน 2 ชั้น 4 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
โทรศัพท์: 0-2218-8147 โทรสาร: 0-2218-8147 E-mail: eoa@chula.ac.th

COA No. 129/2552

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 090.2/52 : ผลของการฝึกโดยใช้แรงต้านผสมผสานกับการออกกำลังกายแอโรบิก  
แบบหนักสลับเบาที่มีต่อสุขภาพสมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์  
บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภทที่ 2

ผู้วิจัยหลัก : นายวิศ มีควานันท์ นิสิตระดับมหาบัณฑิต

ภาวข้องาน : สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสถาบัน ชุมที 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ได้พิจารณา โดยใจหนัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice  
(ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

สถานที่.....  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์วีระา ทัศนประดิษฐ์)  
ประธาน

สถานที่.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทวี ชัยชนะวงศาโรจน์)  
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 25 พฤศจิกายน 2552

วันหมดอายุ : 24 พฤศจิกายน 2553

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

- 1) โครงการวิจัย
- 2) ข้อบ่งชี้การวิจัยของประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
- 3) ผู้วิจัย



เลขที่โครงการวิจัย 090.2/52  
วันที่รับรอง 25 พ.ย. 2552  
วันหมดอายุ 24 พ.ย. 2553

เงื่อนไข

- 1. จำเป็นสำหรับอนุมัติการวิจัย หากดำเนินการกับข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
- 2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุของอนุมัติใหม่จะให้นำใบรับรองฯ ไปยื่น พร้อมรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
- 3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
- 4. ใช้อาคารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารวิจัยเข้าร่วมวิจัย (เป็น)เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น แล้วส่งกลับใบตอบใช้เอกสารดังกล่าวแก่คณะกรรมการ
- 5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลวิจัยของคณะกรรมการ คือ รายงานคณะกรรมการภายใน 3 วันทำการ
- 6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้แจ้งคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยก่อนดำเนินการ



ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ข

## ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย "ผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีคือสุข  
สมรรถนะและหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภทที่ 2" (EFFECTS  
OF INTERVAL AEROBICS WITH INTEGRATION OF RESISTANCE TRAINING ON HEALTH-  
RELATED PHYSICAL FITNESS AND ENDOTHELIAL FUNCTION IN PATIENTS WITH TYPE 2  
DIABETES MELLITUS)

ชื่อผู้วิจัย นายวิฑิต มิตรานันท์ ตำแหน่ง นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา แผนกวิชาชีววิทยาศาสตร์ศึกษา สำนักวิชา  
วิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย บ้านเลขที่ 56 ซอยลาดพร้าว 83 แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310

โทรศัพท์มือถือ 086-968-4026 E-mail: MITRANUNWITID@HOTMAIL.COM

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่าน  
ควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูล

ต่อไปนี้ว่าจะเขียนครอบคลุม และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่วัดจนได้ตลอดเวลา

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับ การออกกำลังกายในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานประเภทที่ 2

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านผสมผสานกับการออก  
กำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบาที่มีคือสุขสมรรถนะและหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ในผู้ป่วยที่  
เป็นเบาหวานประเภทที่ 2

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานประเภทที่ 2 โดยผู้มีส่วนร่วมในการต้องมี  
ลักษณะดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือก

1. ช่วงอายุระหว่าง 50- 70 ปี ทั้งเพศชายและเพศหญิง
2. ได้รับการยืนยันจากการตรวจครั้งล่าสุดโดยแพทย์เจ้าของไข้ โดยมีค่าไกลโคซิเลทฮีโมโกลบิน  
ที่มีค่าในช่วง 6 - 9 %และจากการตรวจระดับน้ำตาลในเลือดหลังจากการอดอาหารเป็นเวลา 8  
ชั่วโมงมีค่ามากกว่า 126 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
3. ไม่มีภาวะแทรกซ้อนอื่นเกิดจากโรคเบาหวาน ได้แก่ ภาวะแทรกซ้อนทางสายตา  
ภาวะแทรกซ้อนทางไตเรื้อรัง ภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาท โรคหลอดเลือดหัวใจ โรค  
หลอดเลือดสมอง และโรคของหลอดเลือดส่วนปลายเรื้อรัง
4. ไม่ได้เข้าร่วมในการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายอย่างเป็นระบบในช่วง 6 เดือนก่อน  
ทำการศึกษา
5. ต้องไม่ได้รับยาหรือเสริมอยู่เป็นประจำและต้องไม่สูบบุหรี่

เกณฑ์ในการคัดออก

1. ค่าไกลโคซิเลทฮีโมโกลบินต่ำกว่า 6% และสูงกว่า 9%
2. ตรวจพบภาวะแทรกซ้อนอื่น ได้แก่ ภาวะแทรกซ้อนทางสายตาภาวะแทรกซ้อนทางไตเรื้อรัง  
ภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาท ภาวะแทรกซ้อนหลอดเลือดหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง และโรคของ  
หลอดเลือดส่วนปลายเรื้อรัง



วันที่โครงการวิจัย 040.2/52  
วันที่รับร่าง 25 พ.ย. 2552  
วันที่เสนอ 24 พ.ย. 2553

๑๕

3. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมี  
อาการเจ็บป่วย โดยหากมีการบาดเจ็บจะทำการปฐมพยาบาลในเมืองต้น หากมีการบาดเจ็บที่  
รุนแรงผู้วิจัยจะดำเนินการนำส่งแพทย์ต่อไป

4. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองคือ

การวิจัยมีจำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 60 คนที่ชนรมเนาหวาน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์  
โดยกรเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และทำการแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คนโดยวิธีการสุ่มแบบ  
กำหนด

การเริ่มต้นการวิจัยด้วยการทดสอบก่อนการทดลองดังนี้

1. การทดสอบทรงรีวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก ความดันโลหิต

2. การทดสอบคุณสมบัติของร่างกาย ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย  
ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อโดยการใช้อุปกรณ์ที่มีแรงต้าน ความอ่อนตัว เช่นการดู  
ความสามารถในอีกเหยียดของข้อต่อ และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจโดยการดู  
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนของร่างกาย

3. การเจาะเลือดเพื่อดูภาวะการเป็นเบาหวานประเภทที่ 2 โดยทำการเจาะเลือดที่ศอกหาพัฒนา 4  
โดยนักเทคนิคการแพทย์จากคณะสาธารณสุขศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเจาะเลือดครั้งละ 10 ซีซี  
(ประมาณ 2 ช้อนชา) ผลเลือดที่ได้จากการตรวจจะทำการแจ้งให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบภายหลังจาก  
การเจาะเลือดประมาณสองสัปดาห์ และค่าใช้จ่ายผู้ทำวิจัยจะเป็นคนรับผิดชอบทั้งหมด

4. การทดสอบการไหลของเลือดชั้นผิวหนังเนื้อเยื่อ เป็นการทดสอบหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดหัวใจ  
หลอดเลือด (Endothelial function) โดยตรวจวัดจากอุปกรณ์เลเซอร์คอปเตอร์

เมื่อทำการทดสอบร่างกายเสร็จแล้ว จะทำการแบ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยมีกระบวนการจัด  
กลุ่มและรูปแบบการฝึกดังนี้

- กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ไม่ได้รับกิจกรรมการออกกำลังกายแต่อย่างใด
- กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนักสลับเบา
- กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน
- กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านผสมกับออกกำลังกายแอโรบิกแบบหนัก  
สลับเบา

สำหรับกลุ่มที่ 2,3,4 ท่านจะได้รับการศึกษาให้ออกกำลังกายด้วยวิธีต่างๆกันโดยฝึกซ้อมสัปดาห์ละ 3  
ทำการฝึกทุกวันจันทร์ พุธ และศุกร์ เป็นระยะเวลา 12สัปดาห์ โดยแต่ละครั้งของการฝึกเริ่มทำในกลุ่มที่ 2  
และกลุ่มที่ 3 ก่อนในช่วงเวลาเช้า ตั้งแต่ 8.00 น -12.00 น. จากนั้นช่วงเวลาที่ตั้งแต่ 13.00 น. - 16.00 น. เป็น  
ช่วงเวลาของการฝึกในกลุ่ม โดยผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยแต่ละคนจะเข้าร่วมทำการฝึกแต่ละครั้งเป็น  
ระยะเวลาประมาณ 40 นาที ซึ่งการฝึกออกกำลังกายทั้งหมดนี้เองทำโดยผู้วิจัยและทีมงานของผู้วิจัยเอง เมื่อ  
ครบการฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1,2,3 และ 4 ท่านจะได้รับการทดสอบร่างกายเหมือนกับการตรวจในราย  
กายข้างต้นอีกครั้ง และจะทำลายเลือดทั้งหมดหลังจากที่เสร็จสิ้นโครงการวิจัย

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจร่างกาย ในแต่ละครั้งจะแจ้งโดยผู้วิจัยให้ท่านรับทราบ ภายหลังจากการ  
ทดสอบร่างกายประมาณ 2 สัปดาห์

หากท่านที่มีผลเลือดผิดปกติ หรือมีอาการเป็นเบาหวานที่รุนแรง ผู้วิจัยจะแจ้งให้แพทย์  
เข้าของใช้ทราบเพื่อดำเนินการรักษาต่อไป



ศูนย์โครงการวิจัย  
เลขที่โครงการวิจัย ๐๙๐-1152  
วันพิจารณา 25 พ.ย. 2552  
วันหมดอายุ 24 พ.ย. 2553



การวิจัยมีการห้ามความเห็นชอบจากแพทย์เจ้าของไข้ว่าคนไข้ต้องมีการออกกำลังที่เป็นรูปแบบที่  
หลากหลาย

การขอวีซ่าวีซ่าเป็นข้อมูลของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการอนุมัติจากผู้อำนวยการ  
โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และการยินยอมของท่านทำขึ้น

อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย ได้แก่ การเจ็บปวดกล้ามเนื้อ หรือ  
ภาวะที่เกี่ยวข้องกับอาการทรกซ้อนอื่นเกิดจากโรคเบาหวาน หากกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับ  
บาดเจ็บเนื่องจากการศึกษาทดลอง ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันที ซึ่งจะได้รับความ  
ช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้หยุดพักเพื่อสังเกตอาการ หรือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และจะนำส่ง  
โรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับการดูแลรักษาอย่าง  
เหมาะสม

หากท่านเข้าร่วมโครงการท่านจะได้รับประโยชน์ดังนี้

1. ทำให้ทราบถึงผลที่ได้จากการออกกำลังกายในแต่ละรูปแบบว่าส่งผลอย่างไรต่อร่างกายและ  
หน้าที่การทำงานของฮอร์โมนหนึ่งฮอร์โมนคือ ในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานประเภทที่ 2
2. ทำให้ได้รับความรู้ถึงการออกกำลังกายที่เหมาะสมในการลดหรือควบคุมสภาพการณของผู้  
ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานประเภทที่ 2 ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่ท่าน และบุคคลอื่นๆที่เป็น  
เบาหวานประเภทที่ 2 ได้มีคุณภาพชีวิตและการดูแลตัวเองที่ดีขึ้น

การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่  
จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัย ได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมี  
ข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่าง

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม  
ข้อมูลที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

ค่าใช้จ่ายจากการเดินทางมาที่เข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะจ่ายให้ท่านรายละ 500 บาท ภายหลังจากเสร็จ  
สิ้นโครงการ

หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าว สามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณา  
จริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอย  
จุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 โทรสาร 0-2218-8147  
E-mail: eccu@chula.ac.th



เลขที่โครงการวิจัย	040.1/52
วันที่เริ่มงาน	25 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ	24 พ.ย. 2553

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

64





ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

สำหรับผู้ป่วยร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่ เดือน พ.ศ. ....

เจตที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า (ชื่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย)..... ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยชื่อโครงการวิจัย "ผลของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา ผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขภาพและหน้าที่การทำงานของหลอดเลือด ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภทที่ 2 " (EFFECTS OF INTERVAL AEROBICS WITH INTEGRATION OF RESISTANCE TRAINING ON HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND ENDOTHELIAL FUNCTION IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS) ชื่อผู้วิจัย นายวิฑิต นิตรานันท์ สถานที่ศึกษาคือผู้วิจัย บ้านเลขที่ 36 ซอยลาดพร้าว 83 แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310 โทรศัพท์มือถือ 086-968-4026 E-mail: MITRANUNWITID@HOTMAIL.COM

ข้าพเจ้าได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยงอันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัย เรื่องนี้ ข้าพเจ้าได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมการศึกษาค้นคว้าโครงการการฝึก เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน คือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ครั้งละประมาณ 40 นาที โดยสำหรับกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย ท่านต้องใช้เวลาในการออกกำลังกายรวมทั้งหมด 29 ชั่วโมง และสำหรับท่านที่อยู่ในกลุ่มควบคุม ท่านต้องใช้เวลาในการเข้าร่วมการวิจัยเป็นเวลารวม 5 ชั่วโมง และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทำการทดสอบ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย

1. การทดสอบทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก ความดันโลหิต
2. การทดสอบสุขภาพสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ
3. การทดสอบค่านสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง โกลโคซิเลทฮีโมโกลบิน (Glycosylated hemoglobin ;HbA1c) ปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ คอเลสเตอรอล(Cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และปริมาณของรีแอกทีฟออกซิเจนสปีชีส์ (Reactive Oxygen species ;ROS)โดยอ้างอิงจากการตรวจมาลอนไดอัลดีไฮด์ (Malondialdehyde ;MDA) โดยทำการเจาะเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลองครั้งละ 10 ซีซี (ประมาณ 2 ซ้อนชา) โดยทำการเจาะที่



เลขที่โครงการวิจัย 090.1/51  
วันที่รับมา 25 พ.ค. 2552  
วันหมดอายุ 24 พ.ค. 2553

๐๙๙

ศึกษาพัฒนา 4 โดยนักศึกษานิเทศการแพทย์รศกณะสหเวชศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การทดสอบการไหลของเลือดชั้นผิวหนังเนื้อเยื่อ เป็นการทดสอบหน้าที่  
การทำงานของหลอดเลือดผนังหลอดเลือด (Endothelial function) โดย  
ตรวจวัดจากอุปกรณ์และเซอร์คูลอปเลตอร์

ข้าพเจ้ามีสิทธิในการ ดอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัว  
ออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบบนทางใดๆ ต่อตัวข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้า ตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วม  
การวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะไม่เสนอข้อมูลจาก  
การวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้า ไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้า  
สามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน  
กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจง  
ผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ \_\_\_\_\_ ลงชื่อ \_\_\_\_\_  
(นายวิทิศ มิตรามันท์) ( \_\_\_\_\_ )  
ผู้วิจัยหลัก ผู้เข้าร่วมการวิจัย



เลขที่โครงการวิจัย 090.2/52  
วันรับทราบ 25 พ.ค. 2552  
วันตรวจสภาฯ 24 พ.ค. 2553

ลงชื่อ \_\_\_\_\_  
( \_\_\_\_\_ )  
พยาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Dr. F



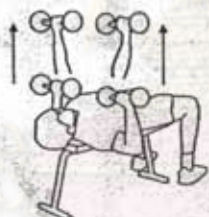
ภาพประกอบการออกกำลังกายในช่วง 12 สัปดาห์



(ที่มา: <http://www.treadmilladviser.com/images/smooth-9-45st-treadmill.gif>)

ภาพแสดงการออกกำลังกายบนลู่วิ่งแบบหนักสลับเบา โดยที่แต่ละคนต้องติดสายคาดหน้าอก (Chest band) เพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

ลักษณะท่าทางการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน



ภาพแสดงท่า Bench press



ภาพแสดงท่า Dumbbell triceps kickback

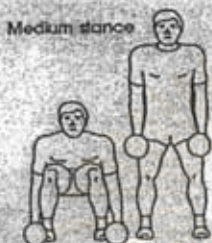


ศูนย์โครงการวิจัย 040.2/52  
 วันที่รับงาน 25 พ.ย. 2552  
 วันที่ลงงาน 24 พ.ย. 2553

*Signature*



ภาพแสดงท่า Dumbbell Rows



ภาพแสดงท่า Squat



ภาพแสดงท่า Abdominal curls



เลขที่โครงการ ๐๑๐.๕/๕๕  
จัดพิมพ์ ๒๕ พ.ย. ๒๕๕๒  
พิมพ์ครั้งที่ ๒๔ พ.ย. ๒๕๕๓

ศูนย์วิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๐๕



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ง

## แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire ; PAR-Q)

(สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี)

การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอเป็นผลดีต่อสุขภาพและมีความสุข ประชาชนจำนวนมากเริ่มสนใจที่จะเข้าร่วมออกกำลังกายมากขึ้นทุกวัน โดยทั่วไปการออกกำลังกายหนักปานกลางก่อนข้างปลอดภัยสำหรับคนส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามอาจมีบางคนที่จำเป็นต้องได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่จะเข้าร่วมการออกกำลังกายที่หนักขึ้น

ถ้าท่านมีแผนการที่จะออกกำลังกายหนักปานกลางมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน กรุณาตอบคำถามทั้ง 7 ข้อข้างล่างนี้ ถ้าท่านมีอายุระหว่าง 15-69 ปี การตอบคำถามในแบบประเมินจะช่วยบอกว่าท่านสมควรได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่ท่านจะเริ่มออกกำลังกายหรือไม่

โปรดอ่านอย่างละเอียดและตอบคำถามเหล่านี้ตามความเป็นจริงว่า มี / เคย หรือ ไม่มี / ไม่เคย ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

- |                              |                                 |  |
|------------------------------|---------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> เคย | <input type="checkbox"/> ไม่เคย | 1. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน เคยบอกหรือไม่ว่า ท่านมีความผิดปกติของหัวใจและควรออกกำลังกาย ภายใต้คำแนะนำของแพทย์เท่านั้น |
| <input type="checkbox"/> มี  | <input type="checkbox"/> ไม่มี  | 2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอก ขณะที่ท่านออกกำลังกายหรือไม่?                                       |
| <input type="checkbox"/> เคย | <input type="checkbox"/> ไม่เคย | 3. ในรอบเดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอกในขณะที่อยู่เฉยๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่??                  |
| <input type="checkbox"/> มี  | <input type="checkbox"/> ไม่มี  | 4. ท่านมีอาการสูญเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องมาจาก อาการเวียนศีรษะหรือไม่? หรือท่านเคยเป็นลมหมดสติหรือไม่? |
| <input type="checkbox"/> มี  | <input type="checkbox"/> ไม่มี  | 5. ท่านมีปัญหาที่กระดูกหรือข้อต่อ ซึ่งจะมีอาการแสบลง ถ้าออกกำลังกายหรือไม่?  |
| <input type="checkbox"/> มี  | <input type="checkbox"/> ไม่มี  | 6. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน มีการสั่งยารักษาโรคความดันโลหิตสูง หรือความผิดปกติของหัวใจให้ท่านหรือไม่?                 |
| <input type="checkbox"/> มี  | <input type="checkbox"/> ไม่มี  | 7. เท่าที่ท่านทราบ ยังมีเหตุผลอื่นๆ อีก ที่ทำให้ท่านไม่สามารถออกกำลังกายได้หรือไม่?                                |

ที่มา : ACSM, 2000.

ข้าพเจ้าได้อ่านได้ทำความเข้าใจและกรอกแบบ PAR-Q ทุกคำถามด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมกิจกรรม วันที่...../...../.....

(.....)

ลายเซ็น .....

(นายวิฑิต มิตรานันท์)

ผู้ทำการวิจัย



ภาคผนวก ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก จ

## แบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการที่ 1 แบบประเมิน โปรแกรมการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านในผู้ป่วยที่เป็น

โรคเบาหวานประเภทที่ 2

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย 1	ไม่เห็นใจ 0	ไม่เห็นด้วย -1	
1. โปรแกรมการฝึกสามารถส่งเสริมการพัฒนาสุขภาพสมรรถนะได้				
2. โปรแกรมการฝึกสามารถฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อหลอดเลือดได้				
3. โปรแกรมการฝึก มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้				
4. ความหนักของโปรแกรมการฝึกมีความเหมาะสม				
5. ความถี่ของ โปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม				
6. ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม				
7. โปรแกรมการฝึกมีการอบอุ่นร่างกายที่เหมาะสม				
8. โปรแกรมการฝึกมีการลดความถี่ที่เหมาะสม				
9. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และ โกลโคซิเทซีโม โกลบินมีความเหมาะสม				
10. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ คลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิติโลโปโปรตีน และ โลวเดนซิติ มีความเหมาะสม				
11. การตรวจผลของการฝึกจากหน้าการทำงานของเซลล์ผนังหลอดเลือดโดยการตรวจมาลอนไดออกซีไฮด์ กดูต้าไทโอนเพอรอกซิเต ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส วอนวิลลิเบนแฟคเตอร์ และการตรวจโดยใช้อุปกรณ์แลเซอร์คอปเลอร์มีความเหมาะสม				



รายการที่ 2 แบบประเมิน “โปรแกรมการออกกำลังกายแอโรบิคแบบช่วงหนักสลับเบาในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานประเภทที่ 2

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย 1	ไม่เห็นด้วย 0	ไม่เห็นด้วย -1	
1. โปรแกรมการฝึกสามารถส่งเสริมการพัฒนาสุขภาพสมรรถนะได้				
2. โปรแกรมการฝึกสามารถฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดได้				
3. โปรแกรมการฝึก มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้				
4. ความหนักของ โปรแกรมการฝึกมีความเหมาะสม				
5. ความถี่ของ โปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม				
6. ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม				
7. โปรแกรมการฝึกมีการอบอุ่นร่างกายที่เหมาะสม				
8. โปรแกรมการฝึกมีการดูแลความถี่ที่เหมาะสม				
9. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และ โกล โคซีเลทอีโม โกลบินมีความเหมาะสม				
10. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ คลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิติโลโปโปรตีน และ โลวเดนซิติ มีความเหมาะสม				
11. การตรวจผลของการฝึกจากหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดโดยการตรวจมาลอน ไดออกซีไฮด์ กดูต้าไทโอนเพอรอกซิเด ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส วอนวิลลิเบนแพคเตอร์ และการตรวจโดยใช้อุปกรณ์แลเซอร์คอปเลอร์มีความเหมาะสม				

รายการที่ 3 แบบประเมิน “โปรแกรมการออกกำลังกายแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา  
ผสมผสานกับการใช้แรงต้านในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานประเภทที่ 2

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย 1	ไม่เห็นใจ 0	ไม่เห็นด้วย -1	
1. โปรแกรมการฝึกสามารถส่งเสริมการพัฒนาสุขภาพสมรรถนะได้				
2. โปรแกรมการฝึกสามารถฟื้นฟูหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดได้				
3. โปรแกรมการฝึก มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้				
4. ความหนักของโปรแกรมการฝึกมีความเหมาะสม				
5. ความถี่ของโปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม				
6. ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม				
7. โปรแกรมการฝึกมีการอบอุ่นร่างกายที่เหมาะสม				
8. โปรแกรมการฝึกมีการดูแลความที่ที่เหมาะสม				
9. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และไกลโคซิเลทฮีโมโกลบินมีความเหมาะสม				
10. การตรวจผลของการฝึกจากปริมาณไขมันในเลือด ได้แก่ กลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิติโลโปโปรตีน และ โลวเดนซิติ มีความเหมาะสม				
11. การตรวจผลของการฝึกจากหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดโดยการตรวจมาลอนไดออกไซด์ กลูต้าไทโอนเพอรอกซิเด ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส วอนวิลลิเบนแฟคเตอร์ และการตรวจโดยใช้อุปกรณ์แลเซอร์คอปเลอร์มีความเหมาะสม				



ภาคผนวก ฉ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ง

### การทดสอบสมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness Test)

#### จุดประสงค์ของการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

1. เพื่อให้การศึกษาแก่ผู้ทดสอบ ถึงระดับสมรรถภาพทางกายของตนเอง โดยเปรียบเทียบ กับค่ามาตรฐานทางสุขภาพที่จำแนกตามอายุและเพศ
2. ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการแนะนำการออกกำลังกายในทุกด้านของ สมรรถภาพ
3. ทำให้สามารถติดตามและประเมินผลความก้าวหน้าของผู้ทดสอบ
4. เพื่อกระตุ้นให้ผู้ทดสอบตั้งเป้าหมายระดับสมรรถภาพทางกายที่ต้องการ
5. เพื่อจัดระดับชั้นความเสี่ยงของผู้ทดสอบ

#### การเตรียมผู้ทดสอบ

1. ให้ผู้ทดสอบกรอกแบบสอบถามประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย
2. อธิบายรายละเอียดการทดสอบประเภทต่างๆ ให้ผู้ทดสอบได้รับทราบก่อน
3. ผู้ทดสอบควรได้รับคำแนะนำให้ปฏิบัติดังนี้
  - สวมใส่เสื้อผ้าที่สบาย หลวม และเหมาะสมกับการทดสอบ
  - ตลอดช่วง 1 วันก่อนการทดสอบให้ดื่มน้ำให้เพียงพอ
  - ให้งดอาหารก่อนการทดสอบทดสอบ อย่างน้อยที่สุด 3 ชั่วโมง
  - ในวันที่ทำการทดสอบให้งดการออกกำลังกาย หรือเคลื่อนไหวที่ทำให้เหนื่อย มาก
  - ในคืนก่อนการทดสอบ นอนหลับให้เพียงพอ ประมาณ 6-8 ชั่วโมง

#### ลำดับการทดสอบ

1. ก่อนที่จะให้บริการทดสอบสมรรถภาพต้องเตรียมตัวให้พร้อม ดังนี้
  - แบบฟอร์มต่างๆ
  - ปรับหรือตั้งเครื่องมือให้ได้มาตรฐาน
2. จัดเรียงเครื่องมือตามลำดับการทดสอบ
3. ถ้าต้องการทดสอบสมรรถภาพหลายประเภทควรเรียงลำดับการทดสอบดังนี้
  - วัดชีพจร วัดความดันโลหิตขณะพัก

- วัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนัก
- ตรวจวัดไขมัน
- ทดสอบความอดทนของหัวใจ ปอดและระบบหายใจ
- ทดสอบความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อ
- ทดสอบความอ่อนตัว

#### สภาพแวดล้อมการทดสอบ

1. ต้องเงียบเป็นส่วนตัว
2. มีที่นั่งสบายและโต๊ะสำหรับการวัดความดันโลหิตและชีพจร
3. เครื่องมือมาตรฐานมีความพร้อม
4. การทดสอบต้องไม่เร่งรีบ และทุกขั้นตอนผู้ทดสอบได้รับการอธิบายโดยละเอียด

#### ผู้ที่มีภาวะหรือโรคต่อไปนี้ ห้ามทดสอบสมรรถภาพด้วยการออกกำลังกายอย่างเด็ดขาด

1. มีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่บ่งบอกความผิดปกติของภาวะหัวใจขาดเลือด กล้ามเนื้อหัวใจตาย (ภายใน 2 วัน) หรือภาวะผิดปกติเฉียบพลันของหัวใจ
2. มีอาการเจ็บแน่นหน้าอกแบบไม่คงที่
3. ภาวะหัวใจเต้นผิดปกติที่ไม่สามารถควบคุมได้
4. ภาวะลิ้นหัวใจตีบอย่างรุนแรง
5. ภาวะหัวใจวายที่ควบคุมไม่ได้
6. ภาวะเส้นเลือดปอดถูกอุดกั้นอย่างเฉียบพลันหรือเนื้อปอดตาย
7. กล้ามเนื้อหัวใจหรือเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบเฉียบพลัน
8. สงสัยหรือมีภาวะหลอดเลือดแดงใหญ่โป่งพอง
9. ภาวะติดเชื้อมีไข้เฉียบพลัน

#### ข้อบ่งชี้ในการหยุดทดสอบสมรรถภาพด้วยการออกกำลังกาย

1. เมื่อมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก
2. ความดันเลือดขณะบีบตัวลดลงมากกว่า 20 มิลลิเมตรปรอท หรือไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย
3. ความดันเลือดขณะบีบตัวสูงมากกว่า 260 มิลลิเมตรปรอท หรือความดันเลือดขณะคลายตัวมากกว่า 115 มิลลิเมตรปรอท

4. มีอาการหน้ามืดเป็นลม สับสน อาการเซ หน้าซีดเขียว คลื่นไส้ ผิวหนังเย็น
5. อัตราการเต้นหัวใจไม่เพิ่มขึ้นตามความหนักของการออกกำลังกาย
6. จังหวะการเต้นของหัวใจมีการเปลี่ยนแปลงผิดปกติชัดเจน
7. ผู้ทดสอบร้องขอหยุดการทดสอบ
8. ร่างกายหรือน้ำเสียงของผู้ทดสอบแสดงให้เห็นถึงความเหนื่อยล้าอย่างที่สุด
9. เครื่องมือทดสอบมีปัญหา

ที่มา: American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6<sup>th</sup> ed. Philadelphia. Lippincott Williams and Wilkins: 2000.

### การทดสอบสมรรถภาพทางกายด้านสุขสมรรถนะ

#### 1. การวัดอัตราการเต้นหัวใจและความดันโลหิตขณะพัก



การวัดความดันโลหิต

#### อุปกรณ์

เครื่องวัดชีพจรและความดันโลหิต ขี้อเอ แอนด์ ดี (A&D) รุ่น โมเดล เอ ยู 767

(Model AU 767)

#### วิธีการ

1. ให้ผู้ทดสอบนั่งสบายๆ ประมาณ 5 นาที ก่อนทำการวัด
2. ใช้ที่พันแขน (Arm cuff) พันเหนือข้อศอกประมาณ 1 นิ้ว ให้บริเวณที่มีขีดตรงกับหลอดเลือด (Brachial)
3. ตั้งค่าการบีบลมที่ประมาณ 200-220 มิลลิเมตรปรอท แล้วกดเปิดเครื่อง
4. เครื่องจะทำการอ่านค่าชีพจรและความดันโลหิต



5. บันทึกค่าอัตราการเต้นหัวใจ (ครั้งต่อนาที) และความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท) ที่ปรากฏบนเครื่อง

## 2. การวัดส่วนสูง



การวัดส่วนสูง

### อุปกรณ์

เครื่องวัดสัดส่วนของร่างกาย (Antropometer) ยี่ห้อ ทีเคเค (TKK)

### วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดรองเท้า
2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนตัวตรง ปลายเท้าชิดกัน หลังพิงตรงที่วัดหน้ามองตรง
3. บันทึกค่าส่วนสูงเป็นเซนติเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3. การวัดองค์ประกอบทางด้านร่างกาย



#### อุปกรณ์

เครื่องวัดองค์ประกอบทางกาย (Body composition analyzer)

#### วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดรองเท้า และถุงเท้า
2. ยืนบนเครื่องมือตามแนวการวางเท้า แล้วรอสักครู่ให้เครื่องมืออ่านค่าน้ำหนัก
3. กรอกส่วนสูง อายุ และเพศ
4. จากนั้นให้ใช้ปลายนิ้วโป้งของมือทั้งสองข้าง จับบริเวณอิเล็กทรอนิกส์ โทรคแล้วค้างไว้ สักครู่ รอจนเครื่องมือแสดงผลว่าเสร็จสิ้นการทำงาน
5. ผลรายงานออกมาในรูปแบบกระดาษ A4

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ด้วยวิธี 1 RM



แสดงการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าอกด้วยท่าอินไคลน์เบนเพรส (Incline bench press)



แสดงการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังด้วยท่าแลทพูลดาวน์ (Lat pull down)





แสดงการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าด้วยท่าเลกเอ็กเทนชัน (Leg extension)



แสดงการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังด้วยท่าเลกเคิร์ล (Leg curl)

### อุปกรณ์

เครื่องเล่นยกน้ำหนัก (Weight machine)

### วิธีการ

1. ให้ผู้รับการทดสอบอบอุ่นกล้ามเนื้อก่อน แล้วพักประมาณ 1-2 นาที
2. ผู้ทดสอบใส่ลูกน้ำหนัก โดยแนะนำให้จังหวะการดึงหรือดันเป็นไปตามปกติ  
อย่ากระชาก หากน้ำหนักที่ใช้ดึงหรือดันยังไม่หนักพอ คือผู้รับการทดสอบยังสามารถทำได้โดยง่าย ให้ผู้รับการทดสอบพักประมาณ 1-2 นาที แล้วเพิ่มน้ำหนักให้ทำใหม่

3. ผู้รับการทดสอบทำการดึงหรือดันน้ำหนักที่กำหนดโดยก่อนทำให้หายใจเข้าขณะทำการดึงหรือดันน้ำหนักให้หายใจออก
4. บันทึกค่าเป็นกิโลกรัม

**7. การวัดความอ่อนตัว ด้วยวิธี การวัดระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อ  
อุปกรณ์**

กล่องวัดความยืดหยุ่นของร่างกาย (Sit and reach box)

**วิธีการ**

1. ให้ผู้รับการทดสอบนั่งลงโดยยืดขาให้ตั้งไปด้านหน้าของร่างกาย โดยที่เข่าไม่งอ
2. เอื้อมมือไปแตะบนสเกลวัดให้ได้ไกลที่สุด
3. ทดสอบ 2 ครั้ง บันทึกค่ามากที่สุด หน่วยเป็นเซนติเมตร

**8. การวัดความอดทนของระบบหัวใจ และหายใจ (Cardiorespiratory endurance)**

**สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake) ด้วยวิธี Maximal exercise testing**



### อุปกรณ์

1. ลู่วิ่ง (Treadmill)
2. เครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Gas analyzer) ยี่ห้อคอร์เทก Cortex

### วิธีการ

1. ให้ผู้รับการทดสอบลองเดินบนลู่วิ่ง
2. ใส่อุปกรณ์การวัดให้ผู้เข้ารับการทดลอง โดยอุปกรณ์ได้รับการปรับตั้งเครื่องมือให้ได้มาตรฐานแล้ว (Calibrate)
3. ให้ผู้รับการทดสอบออกกำลังกายโดยการเดิน-วิ่ง บนลู่วิ่งนานเท่าที่จะทำได้ โดยใช้โปรแกรมโมดิฟายด์ บรูซ (Modified Bruce)
4. ขณะทำการทดสอบวัดความดัน และสอบถามระดับของความเหนื่อย (Rating of perceived exertion of Borg, RPE) ทุกๆ 3 นาที
5. เมื่อผู้รับการทดสอบไม่สามารถเดินต่อได้ หรือมีค่า RER อยู่ในช่วง 1.05 (Tjonna, et al., 2008) ก็ให้ผ่อนความเร็วลงไว้ 2 นาที และนั่งพักอีก 3 นาที
6. บันทึกค่าในคอมพิวเตอร์ หน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

## 9. การวัดการไหลของเลือดชั้นผิวหนังเนื้อง

### อุปกรณ์

เครื่องเลเซอร์วัดการไหลของเลือด (Laser Doppler) ยี่ห้อ มัวร์ (Moor) รุ่น ดี อาร์ ที 4 (DRT4)

### วิธีการ

1. ทำความสะอาดบริเวณที่ทำการวัด
2. ติดโพรบ บริเวณข้อมือ ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองพักในท่านั่ง 15-20 นาที
3. หลังจากนั้นบันทึกค่าขณะพัก 1 นาที ใช้เครื่องวัดความดันพันบิบบเหนือต้นแขน ที่ความดัน 200 มิลลิเมตรปรอท ค้างไว้ 5 นาที ต่อมาปล่อยลมออกไว้ 5 นาที เครื่องจะบันทึกค่ารวม 11 นาที
4. บันทึกค่าการวัดในเครื่องคอมพิวเตอร์ ภายหลังจึงนำค่ามาประมวลผลด้วยโปรแกรมซอฟต์แวร์



### 10. การวัดสารชีวเคมีในเลือด

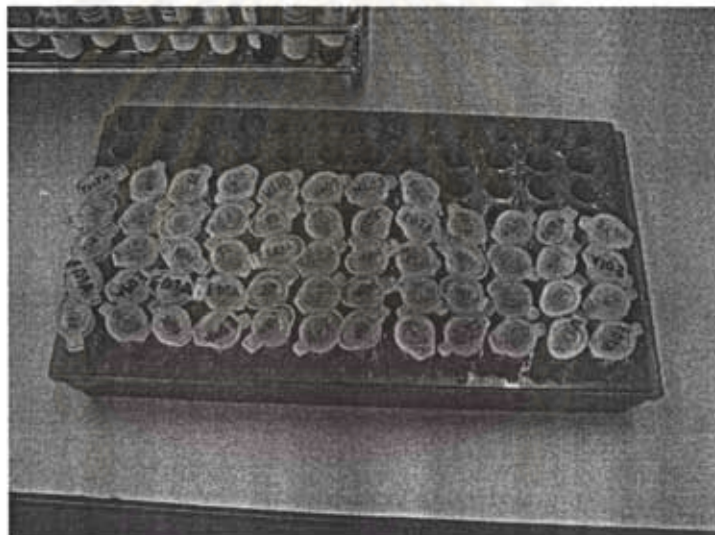


การเจาะเลือด



การจัดแยกเลือดออกเป็น 4 กลุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ  
การตรวจวิเคราะห์ (คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

### อุปกรณ์

1. เข็มฉีดยา หลอดฉีดยา
2. หลอดเก็บเลือด
3. กระจกน้ำแข็ง
4. แอลกอฮอล์ และพลาสติกปิดแผล

### วิธีการ

1. นัดผู้เข้ารับการทดสอบ โดยให้งดออกกำลังกาย 2 วัน ก่อนการเจาะเลือด งดอาหารหลัง 4 ทุ่ม ของคืนก่อนมาเจาะเลือด โดยผู้เข้ารับการทดสอบสามารถดื่มน้ำเปล่าได้ พักผ่อนให้เพียงพอ
2. ทำการเจาะเลือดใส่หลอดเก็บเลือดและเก็บไว้ในน้ำแข็ง
3. ส่งเลือดที่เจาะไปวิเคราะห์ปริมาณอินซูลิน และวอนวิลลิแบนด์แฟคเตอร์ในเลือดผลที่บริษัท BRIA LAB และนำเลือดส่วนหนึ่งแยกไปวิเคราะห์หาระดับน้ำตาลในเลือด ไกล โคฮีเลทฮีโมโกลบิน ปริมาณไขมันในเลือด ปริมาณกรดไขมัน ไทโอนเพอรอกซิเดส และปริมาณกรดไขมัน ไทโอนเพอรอกซิเดส ที่ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข

แบบบันทึก ค่าทางสรีรวิทยา การทดสอบสมรรถนะ สารชีวเคมีในเลือด และการไหลของเลือด  
ชั้นคิวทาเนียส

ผลก่อนการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง \_\_\_\_\_

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกค่าทางสรีรวิทยา

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ เพศ \_\_\_\_\_ วัน/เดือน/ปี (เกิด) \_\_\_\_\_

อายุ \_\_\_\_\_ ปี น้ำหนัก \_\_\_\_\_ กก. ส่วนสูง \_\_\_\_\_ ซม.

• ชีพจรขณะพัก \_\_\_\_\_ ครั้ง/นาที

• ความดันโลหิต \_\_\_\_\_ มิลลิเมตรปรอท

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ สารชีวเคมีในเลือด และการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส

1. สัดส่วนร่างกาย

ค่าที่วัด	ผลการทดสอบ
BMI	
RMR Kcal	
FFM %	
T.Fat %	

2. ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด VO2 max

.....ml/kg/min

4. การไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ทำการทดสอบ	1 RM
Leg curl	
Leg extension	
Incline bench press	
Lat pull down	

ค่าที่วัด	Peak	Mean
F1		
F2		
S1		
S2		
T1		
T2		

5. ความอ่อนตัว

Sit-reach	.....ซม.
-----------	----------

## 6. สารชีวเคมีในเลือด

ค่าที่วัด	ผลการทดสอบ
FBG	
HbA1c	
Triglyceride	
Chloesterol	
HDL	
LDL	
MDA	
GPX	
Whole GPX	
vWF	
Insulin	

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บันทึก ค่าทางสรีรวิทยา การทดสอบสมรรถนะ สารชีวเคมีในเลือด และการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส

ผลหลังการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง \_\_\_\_\_

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกค่าทางสรีรวิทยา

ชื่อ-สกุล \_\_\_\_\_ เพศ \_\_\_\_\_ วัน/เดือน/ปี (เกิด) \_\_\_\_\_

อายุ \_\_\_\_\_ ปี น้ำหนัก \_\_\_\_\_ กก. ส่วนสูง \_\_\_\_\_ ซม.

• ชีพจรขณะพัก \_\_\_\_\_ ครั้ง/นาที

• ความดันโลหิต \_\_\_\_\_ มิลลิเมตรปรอท

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ สารชีวเคมีในเลือด และการไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส

1. สัดส่วนร่างกาย

ค่าที่วัด	ผลการทดสอบ
BMI	
RMR Kcal	
FFM %	
T.Fat %	

2. ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด VO2 max

.....ml/kg/min

4. การไหลของเลือดชั้นคิวทาเนียส

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ท่าการทดสอบ	1 RM
Leg curl	
Leg extension	
Incline bench press	
Lat pull down	

ค่าที่วัด	Peak	Mean
F1		
F2		
S1		
S2		
T1		
T2		

5. ความอ่อนตัว

Sit-reach	.....ซม.
-----------	----------

## 6. สารชีวเคมีในเลือด

ค่าที่วัด	ผลการทดสอบ
FBG	
HbA1c	
Triglyceride	
Chloesterol	
HDL	
LDL	
MDA	
GPX	
Whole GPX	
vWF	
Insulin	

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ข

## รูปแบบการฝึกโดยใช้แรงต้าน

ออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักในแต่ละเซต 6-8 RM โดยทำท่าละ 4 เซต (ไม่รวมเซตที่ทำการอบอุ่นร่างกาย) เซตละ 6-8 ครั้ง โดยท่าที่ใช้คือ ท่าเบนเพรส ท่าเบนท์โอเวอร์โรว์ ท่าไตรเซ็ปติกแบ็ค ท่าแอบ โคมินัลเคิร์ล และท่าสควอท โดยระยะเวลาการพักแต่ละเซตอยู่ในช่วง 1-2 นาที โดยใช้อุปกรณ์คัมเบลล์ ซึ่งใช้เวลาในการฝึกประมาณ 35 นาที



ภาพแสดงการฝึกในท่าเบนเพรส (Bench press)



ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษากีฬา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

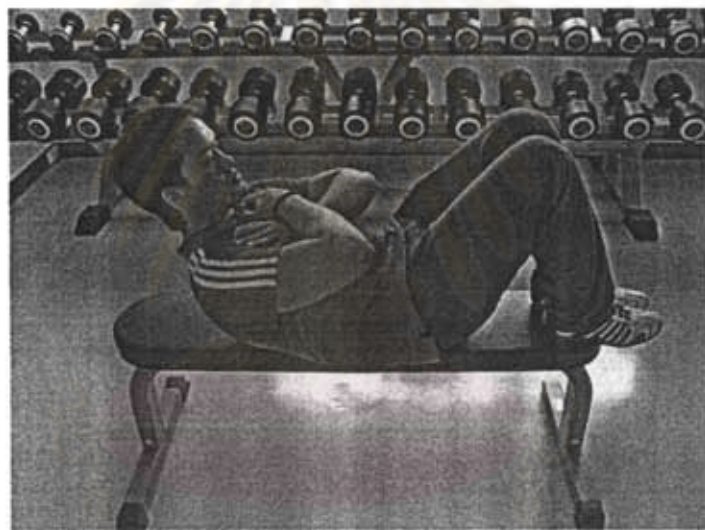
แสดงการฝึกในท่าเบนท์โอเวอร์โรว์ (Bent over row)



แสดงการฝึกในท่าไตรเซ็ปคิกแบ็ค (Tricep kickback)

ศูนย์วิทยาศาสตร์การ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ศูนย์วิจัยและพัฒนาสุขภาพ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงการฝึกในท่าแอบ โดมินันต์ เคิร์ล (Abdominal curl)



แสดงการฝึกด้วยท่าสควอท (Squat)

ตารางแสดงการใช้น้ำหนักของการฝึกโดยใช้แรงต้านของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ระดับความหนัก 6-8 RM ในท่าเบนท์เพรส

ช่วงสัปดาห์	ช่วงน้ำหนักที่ใช้แต่ละข้างของแขนโดยประมาณ (กิโลกรัม)
1 - 3	2 - 5
4 - 6	4 - 6
7 - 9	5 - 8
10 - 12	7 - 9

ตารางแสดงการใช้น้ำหนักของการฝึกโดยใช้แรงต้านของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ระดับความหนัก 6-8 RM ในท่าเบนท์โอเวอร์โรว์

ช่วงสัปดาห์	ช่วงน้ำหนักที่ใช้แต่ละข้างของแขนโดยประมาณ (กิโลกรัม)
1 - 3	3 - 5
4 - 6	4 - 6
7 - 9	5 - 8
10 - 12	8 - 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางแสดงการใช้น้ำหนักของการฝึกโดยใช้แรงด้านของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ระดับความหนัก 6-8 RM ในท่าไตรเซ็ปคิกแบ็ค

ช่วงสัปดาห์	ช่วงน้ำหนักที่ใช้แต่ละข้างของแขนโดยประมาณ (กิโลกรัม)
1 - 3	1 - 3
4 - 6	2 - 3
7 - 9	3 - 4
10 - 12	3 - 4

ตารางแสดงการใช้น้ำหนักของการฝึกโดยใช้แรงด้านของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ระดับความหนัก 6-8 RM ในท่าสควอท

ช่วงสัปดาห์	ช่วงน้ำหนักที่ใช้แต่ละข้างของแขนโดยประมาณ (กิโลกรัม)
1 - 3	3 - 5
4 - 6	6 - 8
7 - 9	7 - 9
10 - 12	8 - 12

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข

## รูปแบบการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบา

ออกกำลังกายบนลู่วิ่ง โดยกลุ่มตัวอย่างติดเครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นเริ่มการอบอุ่นร่างกายโดยเพิ่มความเร็ว และความชันจนไปถึงระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที ค้างการเต้นของหัวใจไว้ที่ 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 4 นาที จึงปรับเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที และปรับลดระดับความเร็ว และความชันเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที แล้วเริ่มทำเหมือนกับการออกกำลังกายในตอนแรก โดยทำเพิ่มอีก 3 ชุด และเมื่อจบชุดสุดท้ายให้ทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 35 นาที ดังแผนภาพ





ตารางแสดงการเพิ่มความเร็วและความชันของกลุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ช่วงสัปดาห์	ช่วงคุมอัตราการเต้นหัวใจที่ระดับ 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด		ช่วงคุมอัตราการเต้นหัวใจที่ระดับ 85 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	
	ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง)	ช่วงความชัน (เปอร์เซ็นต์)	ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง)	ช่วงความชัน (เปอร์เซ็นต์)
1 - 3	4 - 5	3 - 6	5 - 6	7 - 10
4 - 6	4.5 - 5	4 - 7	5 - 6	9 - 12
7 - 9	5 - 5.5	6 - 8	5.5 - 6.5	10 - 14
10 - 12	5.5 - 6	6 - 9	5.5 - 6.5	10 - 15

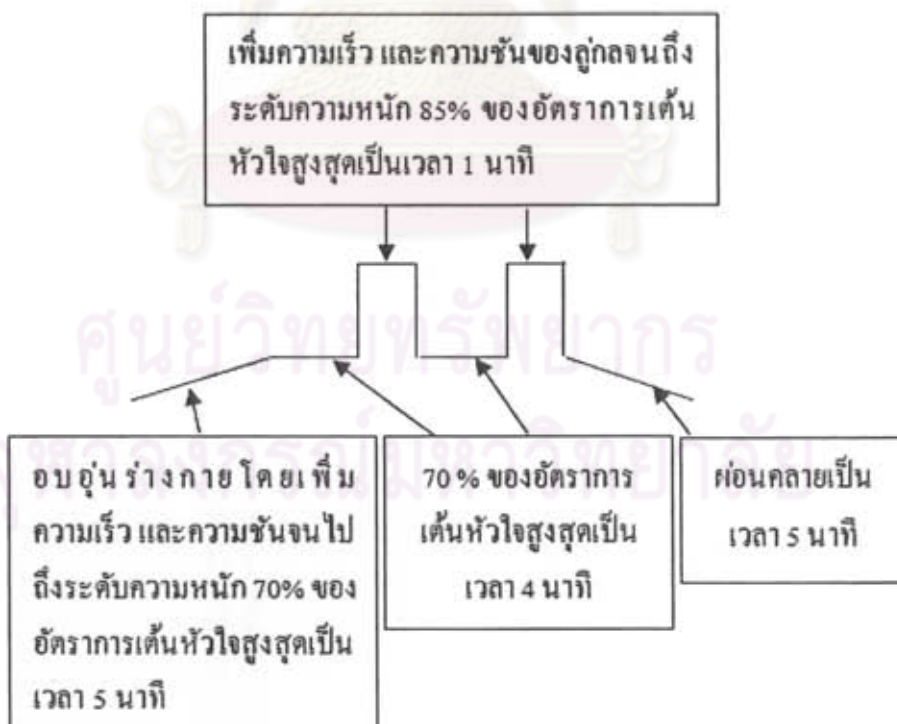
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### รูปแบบการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

ออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักในแต่ละเซต 6-8 RM โดยทำท่าละ 2 เซต (ไม่รวมเซตที่ทำการอบอุ่นร่างกาย) เซตละ 6-8 ครั้ง โดยท่าที่ใช้คือ ท่าเบนเพรส ท่าเบนท์โอเวอร์โรว์ ท่าไตรเซ็ปคิกแบ็ค ท่าแอบโดมินัลเคิร์ล และท่าสควอท โดยใช้อุปกรณ์ดัมเบลล์ และระยะเวลาพักในแต่ละเซตอยู่ในช่วง 1-2 นาที

ออกกำลังกายบนลู่วิ่งโดยกลุ่มตัวอย่างคิดเครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นเริ่มการอบอุ่นร่างกายโดยเพิ่มความเร็ว และความชันจนไปถึงระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 5 นาที ค้างการเดินของหัวใจไว้ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 4 นาที จึงปรับเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที และปรับลดระดับความเร็ว และความชันเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที เริ่มการเพิ่มความเร็ว และความชันของลู่วิ่งจนถึงระดับความหนัก 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที อีกครั้งหนึ่ง และทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 35 นาที ดังแผนภาพ



ตารางแสดงการใช้น้ำหนักของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ระดับความหนัก 6-8 RM ในท่าเบนท์เพรส

ช่วงสัปดาห์	ช่วงน้ำหนักที่ใช้แต่ละข้างของแขนโดยประมาณ (กิโลกรัม)
1 - 3	2 - 5
4 - 6	4 - 6
7 - 9	5 - 8
10 - 12	6 - 9

ตารางแสดงการใช้น้ำหนักของการแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ระดับความหนัก 6-8 RM ในท่าเบนท์โอเวอร์โรว์

ช่วงสัปดาห์	ช่วงน้ำหนักที่ใช้แต่ละข้างของแขนโดยประมาณ (กิโลกรัม)
1 - 3	3 - 5
4 - 6	4 - 6
7 - 9	4 - 8
10 - 12	7 - 9

ตารางแสดงการใช้น้ำหนักของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ระดับความหนัก 6-8 RM ในท่าไครเซ็ปติกเบ็ค

ช่วงสัปดาห์	ช่วงน้ำหนักที่ใช้แต่ละข้างของแขนโดยประมาณ (กิโลกรัม)
1 - 3	1 - 3
4 - 6	2 - 3
7 - 9	3 - 4
10 - 12	3 - 4

ตารางแสดงการใช้น้ำหนักของการฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ระดับความหนัก 6-8 RM ในท่าสควอท

ช่วงสัปดาห์	ช่วงน้ำหนักที่ใช้แต่ละข้างของแขน โดยประมาณ (กิโลกรัม)
1 - 3	3 - 5
4 - 6	6 - 8
7 - 9	7 - 8
10 - 12	8 - 12

ตารางแสดงการเพิ่มความเร็วและความชันของลูกลูกในกุ่มฝึกแอโรบิกแบบช่วงหนักสลับเบาผสมผสานกับการใช้แรงด้านของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ช่วงสัปดาห์	ช่วงคุมอัตราการเต้นหัวใจที่ระดับ 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด		ช่วงคุมอัตราการเต้นหัวใจที่ระดับ 85 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	
	ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง)	ช่วงความชัน (เปอร์เซ็นต์)	ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง)	ช่วงความชัน (เปอร์เซ็นต์)
1 - 3	4 - 5	3 - 6	5 - 6	7 - 10
4 - 6	4.5 - 5	4 - 7	5 - 6	9 - 11
7 - 9	5 - 5.5	6 - 8	5.5 - 6.5	10.5 - 13.5
10 - 12	5.5 - 6	6 - 9	5.5 - 6.5	10 - 15





ภาคผนวก ๗

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ฉ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาองค์ประกอบความเหมาะสมของรูปแบบการออกกำลังกาย

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. รศ.พญ. กอบกุล ตั้งสินมั่นคง   | คณะแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์                  |
| 2. ผศ.นพ. สุภมัย สุนทรพันธ์      | คณะแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์                  |
| 3. ผศ.ดร. ชนินทร์ชัย อินทிரากรณ์ | คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา<br>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย             |
| 4. อาจารย์สิทธิธา พงษ์พิบูลย์    | คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา<br>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย             |
| 5. ผศ.ดร. รุ่งชัย ชวนไชยะกุล     | วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา<br>มหาวิทยาลัยมหิดล |

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

- ชื่อ : นายวิทิศ มิตรานันท์
- เกิดวันที่ : 11 มกราคม 2529
- สถานที่เกิด : กรุงเทพมหานคร
- สถานที่ปัจจุบัน : 56 ตลาดพร้าว 83 แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10301
- ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษา จบจาก โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จังหวัดสงขลา
- : ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา เกียรตินิยมอันดับ 1 (เหรียญทอง) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย