



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

สาขา

คณะ

เรื่อง ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับ Adiponectin และ Visceral Fat  
ในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

The Effect of Exercise on Adiponectin and Visceral Fat in Overweight

นามผู้วิจัย นางสาวบุษยา ภูมั่ง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิเมณฑลกุล, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์จินตนา ศิริวราศัย, ปร.ด. )

ประธานสาขาวิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตรี เรืองไทย, Ed.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับ Adiponectin และ Visceral Fat  
ในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

The Effect of Exercise on Adiponectin and Visceral Fat in Overweight

โดย

นางสาวบุษยา ภูมั่ง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุษยา ภูมั่ง 2556: ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับ Adiponectin และ Visceral Fat ในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน วิทยาลัยวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศติมณฑลกุล, Ph.D. 93 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายในระดับความหนักปานกลางต่อระดับ Adiponectin และไขมันในช่องท้องของผู้หญิงที่ภาวะน้ำหนักเกิน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศหญิงอายุระหว่าง 25-45 ปีจำนวน 40 คน มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกายมากกว่าร้อยละ 28 ของน้ำหนักตัว และมีค่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก มากกว่า 0.8 กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่ม (Random assignment) เข้ากลุ่ม จำนวน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน โดยให้ประกอบกิจวัตรประจำวันตามปกติ และเข้ากลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน เพื่อให้ออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR นาน 45 นาที ร่วมกับบริหารกล้ามเนื้อลำตัว โดยใช้ลูกบอลออกกำลังกายจำนวน 8 ท่า ท่าละ 3 เซต เป็นระยะเวลา 30 นาที ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง ระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด และระดับ Adiponectin ในระยะก่อนและหลังการทดลอง วิเคราะห์ผลของการทดลองและระยะเวลาที่มีต่อตัวแปรต่างๆ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุสองทางแบบวัดซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว วิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียวแบบวัดซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยสถิติ Paired Samples T-test สำหรับตัวแปรที่ไม่มี การกระจายตัวของข้อมูลแบบโค้งปกติ จะถูกทดสอบทางสถิติด้วยวิธีการนอนพาราเมตริก กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยการเดินที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการบริหารกล้ามเนื้อลำตัว โดยใช้ลูกบอลออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ส่งผลให้ปริมาณไขมันในช่องท้องและเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลง แต่ไม่สามารถเพิ่มระดับ Adiponectin ได้ อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามพบว่า การออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ช่วยให้ระดับ Adiponectin ของกลุ่มทดลอง มากกว่ากลุ่มควบคุม

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Budsaya Phukang 2555: The Effect of Exercise on Adiponectin and Visceral Fat in Overweight. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Faculty of Sports Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Siriporn Sasimontonkul, Ph.D. 93 pages.

This research aimed to investigate the effect of moderate intensity exercise on the adiponectin levels and visceral fat of overweight women. Forty volunteered female, aged 25-45 whose body fat was over 28 percent and whose waist to hip ratio was over 0.8 participated in the study. They were randomly assigned to two groups. The twenty participants in the control group were allowed to perform daily activities, while the 20 participants in the experimental group engaged in a 16 week exercise program. The exercise program consisted of 1) walking on a treadmill at 80-90% HRR, for 45 minutes 2) 30 minutes of core conditioning exercises with stability balls. Amounts of body and visceral fats, blood cholesterol, and adiponectin were evaluated before and afterwards. The effects of this intervention and the passage of time on these variables were statistically analyzed using Two-Way MANOVA with Repeated Measures, One-Way ANOVA, One-Way ANOVA with Repeated Measures and Paired Samples T-test, for post hoc test. For non normally distributed variables, non-parametric methods were employed. Statistical significance was set at .05

Sixteen weeks of aerobic walking at 80-90 %HRR combined with the core conditioning exercises reduced visceral fat, body fat and LDL-C but did not increase adiponectin level. However, a higher adiponectin level was found in the exercise group compared to the control group after the 16 week study.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความเมตตากรุณาจากคณาจารย์หลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริพร ศศิเมณฑลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.จินตนา ศิริวราศย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาช่วยเหลือในการวางแผนการวิจัย ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ เป็นวิทยานิพนธ์ที่มีคุณค่าทางวิชาการ และเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิประสาทถ่ายทอดวิชาความรู้ และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู และให้โอกาสทางการศึกษาด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณพี่ น้อง และเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา

บุษยา ภูมิ่ง  
พฤษภาคม 2556

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	20
ผลการวิจัยและวิจารณ์	25
ผลการวิจัย	25
วิจารณ์	55
สรุปและข้อเสนอแนะ	59
สรุป	59
ข้อเสนอแนะ	60
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	61
ภาคผนวก	68
ภาคผนวก ก หนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัยและแบบประเมินสุขภาพ พฤติกรรม และความพร้อมของกลุ่มตัวอย่าง	69
ภาคผนวก ข ใบบันทึกผลการทดสอบ	75
ภาคผนวก ค วิธีการออกกำลังกายด้วยลูกกลิ้ง วิธีการออกกำลังกายด้วย ลูกบอลออกกำลังกาย วิธีการวัดเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย	77
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ	89

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของลักษณะทั่วไป ของกลุ่มตัวอย่าง สัดส่วนของร่างกาย ไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ก่อนการทดลอง	26
2	แสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง และระยะเวลาการออกกำลังกาย ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way MANOVA with repeated measure)	27
3	แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรที่ศึกษา ทั้งในระยะก่อน การทดลองและหลังการทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว (One - way MANOVA)	29
4	แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ของตัวแปรที่ศึกษาในระยะก่อน การทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว (One-way MANOVA)	31
5	แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาระหว่างกลุ่มทดลอง และ กลุ่มควบคุม ในระยะก่อนการทดลอง	32
6	แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรที่ศึกษาหลังการทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว (one - way MANOVA)	33
7	แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษา ระหว่างกลุ่มทดลอง และ กลุ่มควบคุม ในระยะภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 16	34
8	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาในระยะก่อนการทดลอง และ หลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว แบบวัดซ้ำ (One-way MANOVA with repeated measures)	38
9	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนของร่างกาย ไขมันในร่างกาย ไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 ของกลุ่มควบคุม	39
10	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาในระยะก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว แบบวัดซ้ำ (One-way MANOVA with repeated measures)	42

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนของร่างกาย ไขมันในร่างกาย ระดับของไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 16 ของกลุ่มทดลอง	43
12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไขมันในร่างกายกับระดับ Adiponectin ของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลอง	47
13 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Adiponectin กับระดับไขมันในเลือด และคอเลสเตอรอล ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลอง	49
14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของไขมันในช่องท้อง (VFA) Total Cholesterol, Triglycerides, LDL-C และ HDL-C ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ในระยะก่อนการทดลอง	51
15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของไขมันในช่องท้อง (VFA) Total Cholesterol, Triglycerides, LDL-C และ HDL-C ของกลุ่มทดลอง ในระยะก่อนและหลังการทดลอง	53
ตารางผนวกที่	
ง1 แสดงผลการทดสอบการกระจายของข้อมูล โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov และ Shapiro-Wilk	90

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การวัดรอบเอว	7
2	เมตาบอลิซึมของ Very Low Density Lipoprotein (VLDL) และ Low Density Lipoprotein (LDL)	10
3	เมตาบอลิซึมของ High Density Lipoprotein (HDL)	12
4	โครงสร้างของ LDL receptor	13
5	การควบคุมระดับ cholesterol ภายในเซลล์ หลังจากการจับกับ LDL receptor	14
6	แสดงแผนภูมิขั้นตอนการทดลอง	22
7	แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของน้ำหนักตัว (W) ดัชนีมวลกาย (BMI) รอบเอว (WC) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (BF) ไขมันในช่องท้อง (VFA) และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก ในระยะหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม	35
8	แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของ Total Cholesterol (TC) Triglycerides (TG) HDL-C และ LDL -C ในระยะหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 2กลุ่ม	36
9	แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของระดับ Adiponectin ในระยะหลังการทดลอง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม	36
10	แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของน้ำหนักตัว (W) ดัชนีมวลกาย (BMI) รอบเอว (WC) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (BF) ไขมันในช่องท้อง (VFA) และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม	40
11	แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของ Total Cholesterol (TC) Triglycerides (TG) HDL-C และ LDL -C ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม	41
12	แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของระดับ Adiponectin ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม	41

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13    แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของน้ำหนักตัว (W) คำนีมวลกาย (BMI) รอบเอว (WC) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (BF) ไขมันในช่องท้อง (VFA) และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง	44
14    แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของTotal Cholesterol (TC) Triglycerides (TG) HDL-C และ LDL -C ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง	45
15    แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของระดับ Adiponectin ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง	45
16    แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Adiponectin กับไขมันในร่างกาย ไขมันในเลือด และคลอเลสเตอรอล ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลอง	48
17    แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Adiponectin กับระดับไขมันในเลือด และคลอเรสเตอรอล ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลอง	50
18    แผนภูมิกระจายของ $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของไขมันในช่องท้อง (Visceral Fat) ในระยะก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม	51
19    แผนภูมิกระจายของ $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของTotal Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C ในระยะก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม	52
20    แผนภูมิกระจายของ $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของTriglycerides, LDL-C และHDL-C ของกลุ่มออกกำลังกาย ในระยะก่อนและหลังการทดลอง	53

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ค1 แสดงอุปกรณ์และการเดินบนลูกกล	79
ค2 ทำยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้าง	81
ค3 ทำยืดเหยียดกล้ามเนื้อหน้าท้องและหลัง	81
ค4 บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง (sit-up)	82
ค5 บริหารกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง	83
ค6 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้าง	83
ค7 บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง	84
ค8 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างบนลูกบอล	84
ค9 บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง (sit-up บนลูกบอล)	85
ค10 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างบนลูกบอล	85
ค11 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างในท่ายืน	86
ค12 เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง IN BODY 720	87
ค13 แสดงวิธีการวัดองค์ประกอบของร่างกายด้วย เครื่อง IN BODY 720	88

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

W	=	น้ำหนักตัว (กก.)
BMI	=	ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )
WC	=	รอบเอว
WHR	=	อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก
BF	=	เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย
VFA	=	ไขมันในช่องท้อง
TC	=	Total Cholesterol
TG	=	Triglycerides
HDL-C	=	High Density Lipoprotein Cholesterol
LDL-C	=	Low Density Lipoprotein Cholesterol

## ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับ Adiponectin และ Visceral Fat ในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

### The Effect of Exercise on Adiponectin and Visceral Fat in Overweight

#### คำนำ

ภาวะอ้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคเรื้อรัง ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคของระบบหัวใจและหลอดเลือด จากการสำรวจสุขภาพคนไทย ในปี พ.ศ. 2554 พบว่าคนไทยอยู่ในภาวะอ้วนร้อยละ 35 ของจำนวนประชากรที่มีอายุ 35 ปีขึ้นไป โดยผู้ชายไทยมีภาวะอ้วนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 36 และผู้หญิงมีภาวะอ้วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 47 โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของภาวะอ้วนกับบุคคลในวัยทำงานมากที่สุด ซึ่งกลุ่มคนเหล่านี้มีโอกาสที่จะป่วยเป็นโรคเบาหวานได้เนื่องจากภาวะอ้วนลงพุงมีความสัมพันธ์กับภาวะอินซูลินของโรคเบาหวาน นอกจากนี้ Hu และคณะ ได้รายงานในปี ค.ศ. 1996 ว่าผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีน้ำหนักเกินจะมีปริมาณของกรดไขมันในเลือด (free fatty acid) สูง แต่มีปริมาณของ adiponectin ในกระแสเลือดต่ำกว่าคนปกติ ซึ่งการลดลงของ adiponectin ในกระแสเลือดนี้มีผลต่อการลดการรับรู้ฮอร์โมนอินซูลิน (insulin sensitivity) ในร่างกาย

Adiponectin เป็นฮอร์โมนที่หลั่งออกจากเซลล์ไขมัน (Adipose tissue) ที่ในปัจจุบันถือว่าเป็นต่อมไร้ท่อ (Chang *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตามได้มีการพบว่าปริมาณของ Adiponectin นั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในช่องท้องมากกว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันใต้ผิวหนังในบริเวณฮอร์โมนอินซูลิน (Yamauchi *et al.*, 2002., Yamamoto *et al.*, 2004) ซึ่งการรับรู้ต่อฮอร์โมนอินซูลินนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในช่องท้อง (Nguyen-Duy *et al.*, 2003) Arita *et al.* (1999) รายงานว่าระดับของ Adiponectin มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณของดัชนีมวลกาย (BMI) รวมทั้งคนอ้วนลงพุงจะมีปริมาณของ Adiponectin น้อย (Cnop *et al.*, 2003.; Yatagai *et al.*, 2003.; Staiger *et al.*, 2003) ทั้งนี้ Adiponectin ช่วยทำให้มีการเผาผลาญไขมันเป็นพลังงาน ( $\beta$ -oxidation) ในเซลล์กล้ามเนื้อ รวมทั้งเพิ่มการรับรู้ของ

นอกจากนี้ผู้ที่อยู่ในภาวะอ้วนยังมีโอกาสป่วยเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดที่ค่อนข้างสูง (Shimada *et al.*, 2003) ซึ่งการป่วยเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดนี้อาจเกี่ยวเนื่องกับการมีระดับ Adiponectin ในเลือดต่ำ (Laughlin 2006) เนื่องจากได้มีรายงานว่าระดับ Adiponectin ในเลือดมี

ความสัมพันธ์กับระดับไขมันในเลือด โดยที่ระดับ Adiponectin ในเลือดแปรผกผันกับปริมาณของ Triglyceride และแปรผันตามกับปริมาณ HDL-C ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าวก็ยังคงแตกต่างกันตามลักษณะของงานวิจัยและตามลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ Christou และคณะ (2012) รายงานว่าปริมาณ Adiponectin ของผู้ป่วยเบาหวานที่อยู่ในภาวะอ้วนแปรผันตามกับปริมาณของ HDL-C ในขณะที่บางงานวิจัยก็ไม่พบว่าปริมาณ Adiponectin กับ HDL-C ของผู้ป่วยเบาหวานที่อยู่ในภาวะอ้วนหรือผู้ที่อยู่ในภาวะอ้วนเพียงอย่างเดียวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Bobbert, 2007) แต่ก็มีงานวิจัยที่รายงานว่า ปริมาณ Adiponectin ของผู้ชายที่มีสุขภาพดีแปรผันตามกับปริมาณของ HDL-C แต่แปรผกผันกับปริมาณ Triglyceride รวมทั้งไม่มีความสัมพันธ์กับระดับของ LDL-C (Kazumi et al, 2004)

ปัจจุบันยังไม่สามารถสรุปได้ว่า การออกกำลังกายส่งผลต่อการควบคุมการหลั่งของ adiponectin ออกจากเซลล์ไขมันอย่างไร ถึงแม้ว่าได้มีนักวิจัยหลายกลุ่มพยายามศึกษาว่าการออกกำลังกายสามารถเพิ่มระดับของ Adiponectin ได้หรือไม่ ซึ่งผลที่ได้ยังขัดแย้งกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากรูปแบบการออกกำลังกายที่ต่างกัน เพศ และอายุของกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน ดังที่ Garekani *et al.* (2011) ได้รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงของระดับ Adiponectin ขึ้นอยู่กับความหนักและปริมาณของการออกกำลังกาย ทั้งนี้การออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลาง เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ไม่ได้ช่วยเพิ่มระดับ Adiponectin ของกลุ่มตัวอย่างทั้งเพศหญิงและเพศชาย (Marcell *et al.* 2005) ในทางตรงกันข้ามเมื่อกลุ่มตัวอย่างเพศชาย ออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง ( $70\%VO_{2max}$ ) กลับมีระดับ Adiponectin ลดลง (Numao *et al.*, 2011) อีกทั้งการออกกำลังกายที่ระดับความหนักลดลงคือความหนักปานกลาง ( $50\%VO_{2max}$ ) ก็ไม่ได้ทำให้ระดับ Adiponectin เปลี่ยนแปลง ซึ่งการที่ของระดับ Adiponectin ไม่เปลี่ยนแปลงภายหลังการออกกำลังกายนั้น อาจเนื่องจากการออกกำลังกายนั้น ไม่ได้ทำให้ปริมาณของไขมันในช่องท้องเปลี่ยนแปลง ดังที่ Nassis *et al.* (2005) ได้รายงานว่า การให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็ก ออกกำลังกายแบบแอโรบิกหลากหลายรูปแบบ เป็นเวลา 40 นาที ไม่ได้ทำให้ปริมาณของไขมันในช่องท้อง และ Adiponectin เปลี่ยนแปลง

เนื่องจากระดับของ Adiponectin ในเลือดมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในช่องท้อง ดังนั้นการออกกำลังกายเพื่อลดไขมันในช่องท้องจึงน่าจะส่งผลให้ระดับของ Adiponectin ในเลือดเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบการออกกำลังกายเพื่อลดปริมาณไขมันในช่องท้องของคนอ้วน

ลงพุงเพื่อศึกษาว่าการลดปริมาณของไขมันในช่องท้องโดยการออกกำลังกาย นั้นมีความเกี่ยวข้องกับระดับ Adiponectin ในเลือดหรือไม่

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายในระดับความหนักปานกลางต่อระดับ Adiponectin และไขมันในช่องท้องของผู้หญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

## สมมติฐาน

การออกกำลังกายในระดับความหนักปานกลางสามารถเพิ่มระดับ Adiponectin และลดระดับไขมันในช่องท้อง

## ประโยชน์ที่ได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางในการจัดโปรแกรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับการลดไขมันในร่างกาย และเหมาะสมกับการป้องกันโรคเรื้อรังของผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

## ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินเพศหญิงที่มีอายุระหว่าง 25-45 ปี โดยมีปริมาณไขมันสะสมในร่างกายมากกว่าร้อยละ 28 ของน้ำหนักตัว และมีค่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก (waist - over - hip circumference ratio) มากกว่า 0.8

2. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบวัดซ้ำ

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือ โปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่มีความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ร่วมกับการบริหารกล้ามเนื้อลำตัวโดยใช้ลูกบอลออกกำลังกาย

3.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) คือ ระดับ Adiponectin ไขมันในช่องท้อง ไขมันในร่างกาย และไขมันในเลือด

#### นิยามศัพท์

ภาวะน้ำหนักเกิน (Overweight) ในงานวิจัยนี้ หมายถึง ผู้ที่มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกายมากกว่าร้อยละ 28 ของน้ำหนักตัว

เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Percent body fat) หมายถึง จำนวนร้อยละของปริมาณไขมันที่สะสมในร่างกาย การหาปริมาณไขมันในร่างกายในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า Body Composition Analyzer รุ่น In Body 720

ไขมันในช่องท้อง (Visceral Fat) หมายถึง ปริมาณไขมันที่สะสมอยู่ในอวัยวะภายใน เช่น ช่องท้อง การหาปริมาณไขมันในช่องท้องในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า Body Composition Analyzer รุ่น In Body 720 วัดปริมาณไขมันในช่องท้องจากพื้นที่ของไขมันในช่องท้อง (Visceral Fat area) มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

การออกกำลังกายในระดับความหนักปานกลางในการวิจัยนี้ หมายถึง การออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่มีความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจ ส้ารองร่วมกับการบริหารกล้ามเนื้อลำตัวโดยลูกบอลออกกำลังกาย

## การตรวจเอกสาร

### โรคอ้วน

โรคอ้วนมีสาเหตุมาจากกรรมพันธุ์ และการขาดการออกกำลังกาย ซึ่งเมื่อป่วยเป็นโรคอ้วนแล้วมักจะป่วยเป็นโรคเรื้อรังอื่น ๆ ด้วย อาทิเช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง เป็นต้น การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรบริโภค การเพิ่มการเคลื่อนไหวร่างกายและการออกกำลังกาย จะช่วยให้สามารถควบคุมน้ำหนักตัวได้ (กัลยา, 2546) วิชัย และคณะ(2552) ได้สำรวจภาวะอ้วนของประชากรไทยจากค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายในประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป พบว่า เพศชาย ร้อยละ 28.3 และเพศหญิง ร้อยละ 40.7 อยู่ในภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน (ดัชนีมวลกาย  $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ ) โดยมีความชุกสูงสุดในกลุ่มอายุ 45-59 ปี และมีการสำรวจภาวะอ้วนลงพุงโดยการวัดเส้นรอบเอวในประชากรไทยอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป พบว่า ความชุกของภาวะอ้วนลงพุงในผู้หญิงสูงกว่าผู้ชายในทุกกลุ่มอายุ โดยภาวะอ้วนลงพุงเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและสูงสุดในช่วงอายุ 45-59 ปี

### ลักษณะของการอ้วน

ภาวะอ้วนเกิดจากการมีปริมาณไขมันในร่างกาย (body fat) มากกว่าปกติ ลักษณะการกระจายตัวของไขมันในร่างกายที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ มี 3 ประเภท คือ

อ้วนทั้งตัว (overall obesity) พบว่าจะมีไขมันทั้งร่างกายมากกว่าปกติ ไขมันนี้ได้จำกัดอยู่ที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะ

อ้วนลงพุง หรืออ้วนแบบลูกแอปเปิ้ล (Visceral Obesity) กลุ่มนี้จะมีไขมันของอวัยวะภายในที่อยู่ในช่องท้องมากกว่าปกติ และอาจมีไขมันใต้ผิวหนังที่หน้าท้องเพิ่มมากกว่าปกติด้วย

อ้วนทั้งตัวร่วมกับอ้วนลงพุง (Combined Overall and Visceral Obesity) เป็นผู้ที่ มีทั้งไขมันทั้งตัวมากกว่าปกติ และมีไขมันในช่องท้องมากกว่าปกติร่วมกัน

## การประเมินลักษณะของความอ้วน

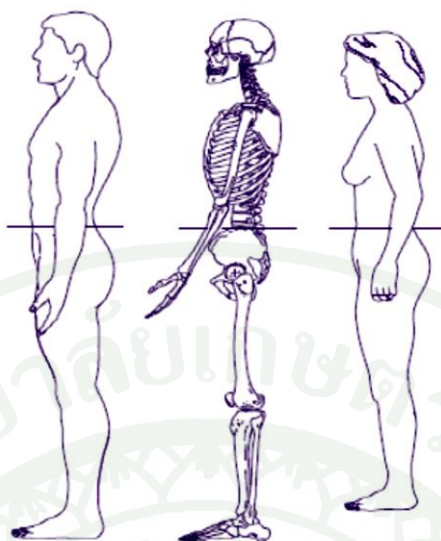
วิธีประเมินลักษณะของความอ้วนมีหลายวิธี ดังนี้

1. ดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) คือ ค่าที่ได้จากการนำน้ำหนักตัวและส่วนสูงมาคำนวณเพื่อประเมินภาวะอ้วนมีดังนี้

$$\text{ดัชนีมวลกาย (BMI)} = \frac{\text{น้ำหนักตัว (หน่วยเป็นกิโลกรัม)}}{\text{ความสูง}^2 \text{ (หน่วยเป็นเมตร}^2\text{)}}$$

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 2000) ได้กำหนดเกณฑ์ดัชนีมวลกายไว้ดังนี้ ผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายที่ต่ำกว่า 18.5 กก./ม<sup>2</sup> จัดเป็นผู้ที่มีภาวะน้ำหนักตัวน้อยกว่าปกติ (Underweight) มีค่าดัชนีมวลกายเท่ากับ 18.5-24.9 กก./ม<sup>2</sup> อยู่ในเกณฑ์ปกติ (Normal range) มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25.0 กก./ม<sup>2</sup> เป็นผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน (Overweight) และมีค่าดัชนีมวลกายเท่ากับ 25.0-29.9 กก./ม<sup>2</sup> อยู่ในภาวะก่อนที่จะเป็นโรคอ้วน (Pre-obese) และได้แบ่งระดับความอ้วนออกเป็น 3 ระดับ คือ อ้วนระดับ 1 อ้วนระดับ 2 และอ้วนระดับ 3 โดยมีค่าดัชนีมวลกายเท่ากับ 30.0-34.9, 35.0-39.9 และมากกว่าหรือเท่ากับ 40.0 กก./ม<sup>2</sup> ตามลำดับ

2. เส้นรอบเอว คือ ความยาวเส้นรอบเอว การมีเส้นรอบเอวที่มากสัมพันธ์กับการป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคไขมันในเลือดสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด การวัดรอบเอวร่วมกับการวัดค่าดัชนีมวลกายเหมาะสำหรับคนที่มีน้ำหนักปกติหรือผู้ที่มีน้ำหนักเกินไม่มากนัก เนื่องจากเส้นรอบเอวอาจเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่ค่าดัชนีมวลกายไม่เปลี่ยน ทั้งนี้กัลยา (2546) ได้ให้เกณฑ์ของความยาวรอบเอวดังนี้ ผู้ชายที่มีเส้นรอบเอวเกิน 90 เซนติเมตร (36 นิ้ว) และผู้หญิงที่มีเส้นรอบเอวเกิน 80 เซนติเมตร (32 นิ้ว) ถือว่ามีความเสี่ยงของภาวะโรคอ้วนลงพุง และมีไขมันในช่องท้องสูงกว่าปกติ การวัดเส้นรอบเอวทำได้โดยใช้สายวัด วัดรอบเอวโดยไม่แน่นหรือตึงเกินไป (แสดงในภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การวัดรอบเอว

ที่มา: กัลยา (2546)

3. อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก (waist-to-hip circumference ratio: WHR)  
อัตราส่วนระหว่างเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพกคำนวณได้จาก

$$\text{WHR} = \frac{\text{เส้นรอบเอว}}{\text{เส้นรอบสะโพก}}$$

โดยทำการวัดเส้นรอบเอวที่เอวระดับสะดือและวัดเส้นรอบสะโพกที่บริเวณส่วนนูนที่สุดของสะโพก ทั้งนี้ผู้ชายที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพกมากกว่า 1.0 และในผู้หญิงที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก มากกว่า 0.8 ถือว่าเป็นโรคอ้วนลงพุง (กมลพรรณ และ อัมพร, 2538)

## สาเหตุของการเกิดภาวะอ้วน

อ้วนเป็นปัญหาสุขภาพที่มีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการรับประทานอาหารที่ไม่ถูกต้อง สภาพร่างกายและวิถีชีวิตของแต่ละคนที่แตกต่างกัน การที่มนุษย์จะมีน้ำหนักตัวมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสมดุลของพลังงาน (energy balance) โดยผู้ที่มีน้ำหนักตัวน้อยมีดุลพลังงานเป็นลบส่วนผู้ที่มีน้ำหนักตัวมากมีดุลพลังงานบวก ความสมดุลของพลังงานของร่างกายขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือพลังงานที่ได้มาจากการรับประทาน (energy intake) และพลังงานที่ร่างกายนำไปใช้ (energy expenditure) ซึ่งประกอบด้วยอัตราการครองธาตุพื้นฐาน (basal metabolic rate, BMR) ผลความร้อนของอาหาร (thermic effect of food) และพลังงานที่ใช้ไปกับการทำงานและการออกกำลังกาย (physical activity) สำหรับปัจจัยที่ควบคุมความสมดุลพลังงานนั้นมีทั้งพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม

ภาวะอ้วนเกิดจากหลายสาเหตุ ดังนี้

### 1. อ้วนที่เกิดจากพฤติกรรมการรับประทานอาหาร ได้แก่

1.1 การรับประทานอาหารมากเกินไป ร่วมกับการขาดการออกกำลังกาย กล่าวคือพลังงานที่รับจากการรับประทานมากกว่าพลังงานที่ใช้ไปในการออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การรับประทานอาหารจำพวกแป้ง น้ำตาล ไขมัน และอาหารแคลอรีสูง เช่น หนังกุ้งทอด หมูสามชั้น ขาหมู ครีม เค้ก เป็นต้น จนเกิดการสะสมเป็นเซลล์ไขมันอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายต้นแขน ต้นขา หน้าท้อง

1.2 ความผิดปกติที่สมองส่วนไฮโปทาลามัส ทำให้การควบคุมการรับประทานอาหารผิดปกติ

### 2. อ้วนเกิดจากพฤติกรรมการขาดการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ

### 3. อ้วนที่เกิดจากภาวะทางด้านจิตใจ เช่นความเครียดทำให้เกิดความอยากอาหาร

### 4. อ้วนที่เกิดจากพันธุกรรมถ้าพ่อแม่เป็นโรคอ้วน ลูกที่เกิดมาก็มีโอกาสเป็นโรคอ้วนสูง

5. อ้วนที่เกิดความผิดปกติของการทำงานของต่อมไร้ท่อ ทำให้การผลิตฮอร์โมนบางชนิดผิดปกติ เช่น Cushing Syndrome โดยสาเหตุของโรคนี้เกิดจากความผิดปกติของสเตียรอยด์ฮอร์โมนในร่างกาย จนทำให้อ้วนบริเวณใบหน้า ลำตัว ต้นคอด้านหลัง แต่แขนขาจะเล็กและไม่มีแรง

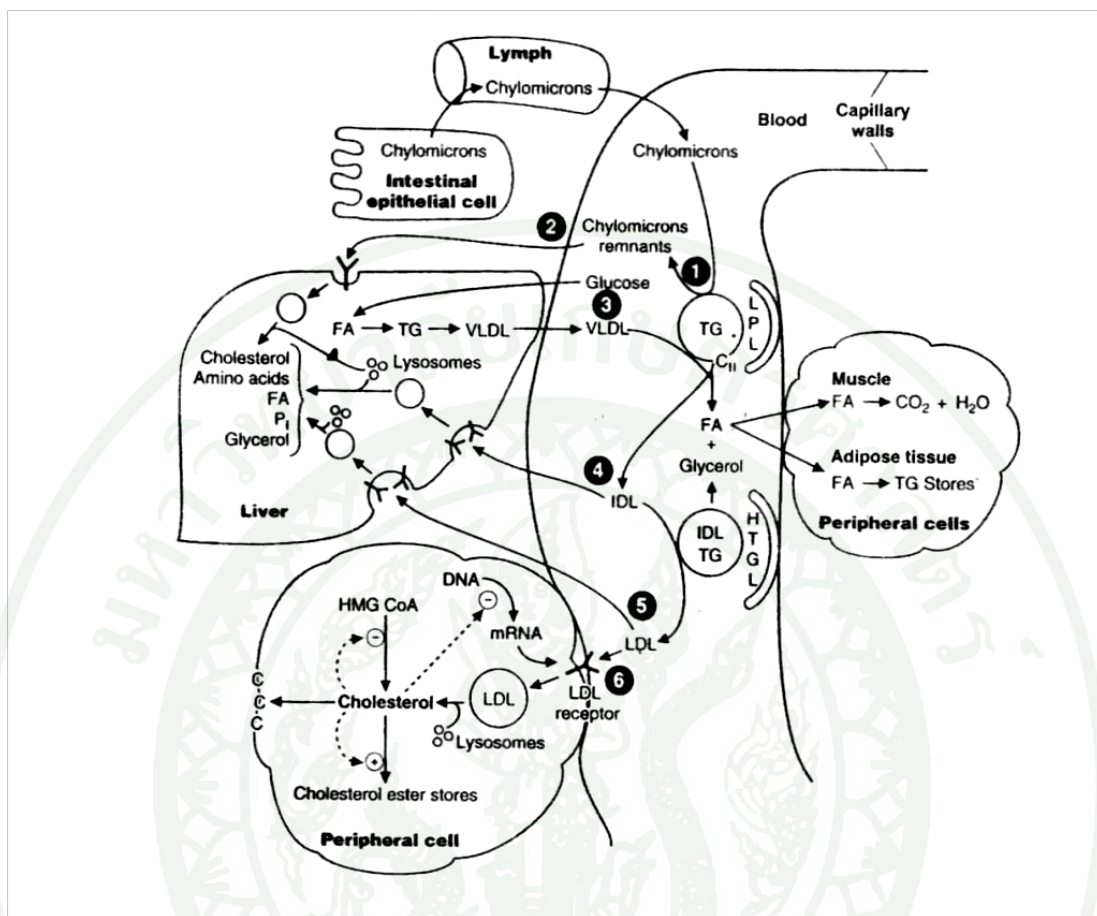
### โรคและภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ที่เกิดในคนอ้วน

การอุดตันของหลอดเลือด เกิดจากการสะสมของปริมาณไขมันบริเวณหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้การไหลเวียนของเลือดที่จะเข้าสู่หัวใจมีปริมาณน้อยลงจึงทำให้เกิดภาวะหัวใจวายจากการที่กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (Heart attack) การสะสมของปริมาณไขมันในเส้นเลือด จะเริ่มตั้งแต่อยู่ในวัยเด็ก แต่จะมีปริมาณน้อยและเมื่ออายุมากขึ้นการสะสมของไขมันในเส้นเลือดก็จะมากขึ้น ทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด

Cholesterol คือ ไขมันที่สะสมอยู่ในหลอดเลือดและทำให้ผนังของหลอดเลือดเกิดการอุดตัน ผู้ที่มีระดับ Low Density Lipoprotein Cholesterol (LDL-C) สูงและผู้ที่เป็นโรคเบาหวานมักจะเป็นโรคเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจอุดตัน ฮอร์โมน insulin ช่วยทำให้ LDL-C ถูกขนส่งเข้าเซลล์ตับมากขึ้น ทำให้ระดับ LDL-C เข้าเซลล์มากขึ้น ในผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะคือต่อฮอร์โมนอินซูลิน หรือมีฮอร์โมนอินซูลินน้อยจึงมี cholesterol มากในเลือด และมีโอกาสป่วยเป็นโรคหลอดเลือดอุดตัน (atherosclerosis) เพิ่มขึ้น

### เมตาบอลิซึมของไลโปโปรตีน

ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำมาก (Very Low Density Lipoprotein) หรือ VLDL ถูกสร้างโดยตับ ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละ 55-65 cholesterol ร้อยละ 18-22 ฟอสโฟลิพิด ร้อยละ 12-18 และโปรตีนร้อยละ 5-10 VLDL ทำหน้าที่ขนถ่ายไตรกลีเซอไรด์ที่ร่างกายสร้างขึ้นไปสู่เนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อ VLDL จะถูกย่อยและเปลี่ยนเป็น LDL (สุนีย์, 2543) Carbohydrate จากอาหารที่ได้รับมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกาย จะถูกตับเปลี่ยนเป็น triacylglycerol แล้วปล่อยออกจากตับให้เข้าสู่กระแสเลือดในรูป lipoprotein ที่เรียกว่า VLDL (ภาพที่ 2) VLDL ทำหน้าที่ขนส่ง triacylglycerol ที่สร้างขึ้นจากตับไปให้แก่เนื้อเยื่ออื่น ๆ นอกจาก triacylglycerol แล้ว VLDL ยังขนส่ง cholesterol, cholesteryl ester, phospholipid และ apoprotein บางชนิด ได้แก่ apoB-100, apoC-I, apoC-II, apoC-III และ apoE VLDL ที่เพิ่งออกจากตับมาอยู่ในกระแสเลือดจะได้รับ apoC และ apoE จาก HDL (วิชัย, 2545)



ภาพที่ 2 เมตาบอลิซึมของ Very Low Density Lipoprotein (VLDL) และ Low Density Lipoprotein (LDL)

ที่มา: วิชัย (2545)

ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Lipoprotein) หรือ LDL เกิดจากการที่เอ็นไซม์ Lipoprotein lipase เปลี่ยน VLDL ในกระแสเลือดให้เป็น LDL ส่วนประกอบของ LDL ประกอบไปด้วยไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละ 8-12 cholesterol ร้อยละ 40-50 ฟอสโฟลิพิดร้อยละ 20-25 และโปรตีนร้อยละ 20-24 LDL ทำหน้าที่ขนส่ง cholesterol ไปสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ (สุนีย์, 2543)

LDL มี apolipoprotein ชนิดเดียว คือ apoB-100 อยู่ที่บริเวณผิว โดยที่แกนกลางมี cholesteryl esters เป็นส่วนประกอบหลัก เซลล์รับ LDL เข้าเซลล์โดยกระบวนการ endocytosis โดย apoB-100 ที่อยู่บนผิวของ LDL จะจับกับ LDL receptor ที่ผิวเซลล์ ขบวนการ Endocytosis

ของ LDL ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ตับ ต่อมหมวกไต และเซลล์ไขมัน endocytosed vesicles (endosomes) ที่เข้าไปในเซลล์มี lysosome มาย่อย ทำให้ apoprotein ถูกย่อยเป็นกรดอะมิโน ส่วน cholesterol ถูกย่อยเป็น cholesterol อิสระ กับ กรดไขมัน จากนั้น cholesterol ถูกนำไปเป็นส่วนประกอบของ เยื่อหุ้มเซลล์ Cholesterol ที่มากเกินไปในเซลล์จะเปลี่ยนกลับมาเป็น cholesterol ester อีกโดยการทำงานของ acyl-CoA-cholesterol acyltransferase (ACAT) เพื่อสะสมไว้ในเซลล์ การทำงานของ ACAT จะเพิ่มขึ้นเมื่อภายในเซลล์มี cholesterol อิสระมาก ฮอว์โมน insulin และ tri - iodothyronine (T3) ช่วยทำให้ LDL ถูกขนส่งเข้าเซลล์ตับมากขึ้น ดังนั้นผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ป่วยโรคไทรอยด์ (hypothyroidism) จึงมีระดับของ cholesterol มากในเลือด และมีโอกาสป่วยเป็นโรคหลอดเลือดอุดตัน (atherosclerosis) เพิ่มขึ้น (วิชย์, 2545)

ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Lipoprotein) หรือ HDL ถูกสร้างจากตับ และลำไส้เล็ก ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละ 3-6 cholesterol ร้อยละ 17-23 ฟอสโฟลิพิด ร้อยละ 20-30 ที่เหลือเป็นโปรตีน ร้อยละ 45-50 HDL ทำหน้าที่ขนส่ง cholesterol จากเซลล์เนื้อเยื่อ กลับไปเผาผลาญที่ตับ และขับออกจากร่างกายทางน้ำดีต่อไป (สุนีย์, 2543)

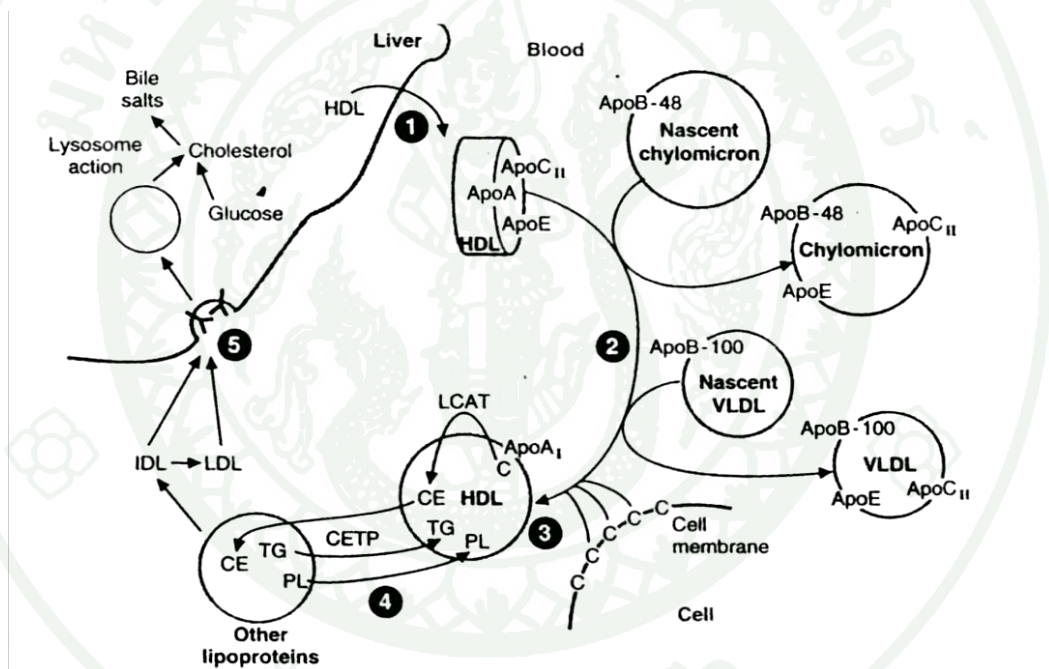
HDL ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากตับ (ภาพที่ 3) และลำไส้เล็ก HDL ที่เพิ่งถูกปล่อยออกมาให้อยู่ในกระแสเลือด (nascent HDL) จะมีโปรตีนมากโดย Apoprotein ส่วนใหญ่ของ HDL ได้แก่ apoA-I, apoC-II และ apoE HDL เมื่ออยู่ในเลือดนานขึ้น จะมี cholesteryl ester เข้าไปสะสมใน HDL ทำให้ nascent HDL กลายเป็นอนุภาค lipoprotein ทรงกลม ซึ่งเรียกว่า HDL<sub>2</sub> และ HDL<sub>3</sub> Cholesteryl ester ที่สะสมใน HDL ได้มาจาก free cholesterol ที่อยู่ใน chylomicron remnant และ VLDL remnant (IDL) เปลี่ยนเป็น Cholesteryl ester โดยเอ็นไซม์ lecithin cholesterol acyltransferase (LCAT) ที่สร้างขึ้นจากตับ ทั้งนี้การทำงานของ LCAT ต้องอาศัย apoA-I ซึ่งอยู่ที่ผิวของ HDL

HDL ที่มี Cholesteryl ester มาก จะกลับเข้าสู่เซลล์ตับ โดยวิธี endocytosis ซึ่งกลไกอาจจะอาศัย HDL-specific apoA-I receptors ที่ผิวเซลล์ตับ หรือโดยมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างไขมันของ HDL กับไขมันที่เซลล์ตับ (lipid-lipid interaction) นอกจากตับแล้ว macrophage ก็สามารถรับ HDL ได้ เนื่องจากผิวเซลล์ของ macrophage ก็มี apoA-I receptor

HDL ยังได้รับ Cholesteryl จากผนังเซลล์ ของเซลล์ทั่วไป ทำให้ระดับ cholesterol ภายในเซลล์ลดลงเพราะ cholesterol ที่สะสมในเซลล์ในรูป Cholesteryl ester จะปล่อย cholesterol ออกมา ให้ผนังเซลล์เพื่อทดแทนส่วนที่สูญเสียให้แก่ HDL

Cholesteryl ester ใน HDL สามารถถ่ายเทให้แก่ VLDL และ LDL โดยการทำงานของ Cholesteryl ester transfer protein (CETP) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่อยู่กับ HDL จึงเพิ่มความสามารถในการขนส่ง cholesterol ที่มากเกินไปยังตับ

การรับ HDL เข้าตับ เป็นการขนส่ง cholesterol ในทิศทางกลับ (reverse cholesterol transport) เพราะเป็นการขนส่ง cholesterol จากเซลล์กลับไปยังตับ ตับเป็นเนื้อเยื่อชนิดเดียวที่กำจัด cholesterol ออกจากร่างกายได้ โดยขับออกไปกับน้ำดี ซึ่งมี cholesterol และกลีโขน้ำดี (ตบสร้างจาก cholesterol) เป็นส่วนประกอบ cholesterol และกลีโขน้ำดีส่วนหนึ่งจะถูกขับออกไปกับอุจจาระ (วิชัย, 2545)

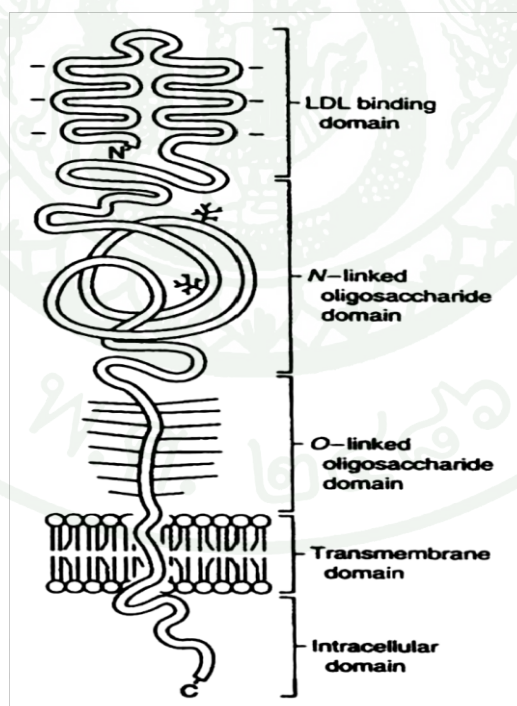


ภาพที่ 3 เมตาบอลิซึมของ High Density Lipoprotein (HDL)

ที่มา: วิชัย (2545)

## LDL Receptor

LDL receptor (ภาพที่ 4) คือ สายของ polypeptide ที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 839 ตัว โดย LDL receptor จะแทรกตัวผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกและชั้นใน ส่วนของ LDL receptor ที่โผล่ออกทางผนังเยื่อหุ้มเซลล์ทางด้านนอก (extracellular domain) จะเป็นส่วนที่จับกับ ApoB-100/ApoE ของ LDL ส่วนของ LDL receptor ที่อยู่ทางด้านในของผนังเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นใน (Intracellular domain) จะรวมตัวกันเป็น coated pit ทั้งนี้ LDL จะถูกนำเข้าไปที่เซลล์ผ่านทาง LDL receptor ด้วยขบวนการ endocytosis โดยมีเยื่อหุ้มเซลล์มาล้อมรอบกลายเป็นถุงเล็ก ๆ เรียกว่า endosome และ มีการปั๊ม  $H^+$  เข้าไปใน endosome โดยใช้พลังงานจากการสลาย ATP ทำให้ pH ใน endosome ลดลง ซึ่งทำให้ LDL หลุดออกจาก receptor ส่วนของ endosome membrane ที่มี LDL-receptor จะถูกนำกลับไปที่ยื่อหุ้มเซลล์อีกครั้ง ส่วน endosome ที่มี LDL จะหลอมรวมกับ lysosome ซึ่งเอ็นไซม์ acid hydrolase ใน lysosome จะทำการย่อย apoprotein รวมทั้งปลดปล่อยกรดไขมันอิสระและ cholesterol ออกมาใน cytosol Free ส่วน cholesterol ที่ได้จะถูกนำไปเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ หรือถูกเอ็นไซม์ ACAT เร่งให้ทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน กลายเป็น cholesteryl ester สะสมอยู่ในเซลล์ (วิชัย, 2545)



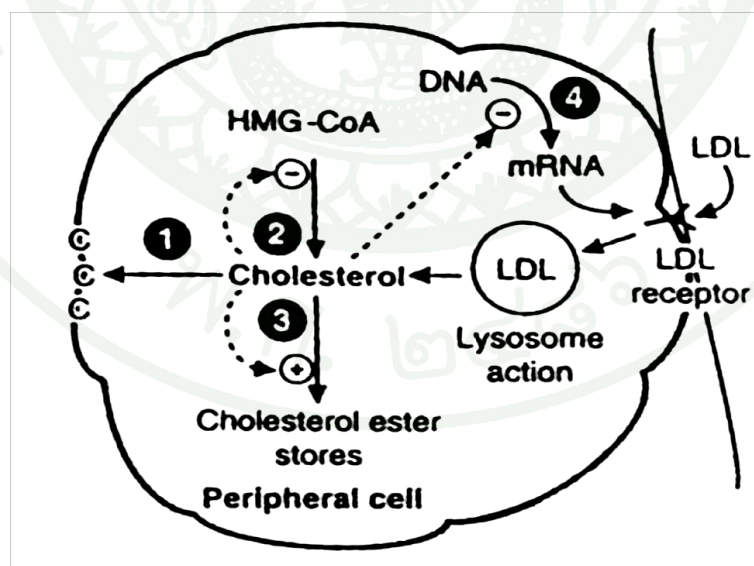
ภาพที่ 4 โครงสร้างของ LDL receptor

ที่มา: วิชัย (2545)

## การควบคุมระดับ Cholesterol ในเซลล์

ระดับ Cholesterol ที่เพิ่มขึ้นภายในเซลล์ จะส่งผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ภายในเซลล์ ดังนี้

1. ยับยั้งการสังเคราะห์ LDL receptor เพื่อไม่ให้มีการนำ cholesterol เข้าสู่เซลล์ที่มากเกินไป การที่ cholesterol ยับยั้งการสังเคราะห์ LDL receptor มีผลทำให้ลดอัตราการจัด LDL และ IDL ออกจากเลือด ทำให้เลือดมี cholesterol และ cholesteryl ester มากเกินไป ถ้ารับประทานไขมัน และ cholesterol มากเกินความต้องการของร่างกาย จะทำให้ cholesterol มีแนวโน้มที่จะสะสม ในผิวหนัง เอ็น (tendon) และภายในผนังหลอดเลือดแดง ซึ่งนำไปสู่การอุดตันของเส้นเลือด (atherosclerosis) (ภาพที่ 5)
2. ยับยั้งการสังเคราะห์ cholesterol ในเซลล์โดยยับยั้งการทำงานของ HMG-CoA reductase
3. กระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ Acyl CoA cholesterol Acyltransferase (ACAT) ทำให้ cholesterol ที่มีมากเกินไปในเซลล์ถูกสะสมในรูปของ cholesteryl ester



ภาพที่ 5 การควบคุมระดับ cholesterol ภายในเซลล์ หลังจากการจับกับ LDL receptor

ที่มา: วิชัย (2545)

## ความผิดปกติของ Lipoprotein metabolism

ความผิดปกติทางพันธุกรรมของ Lipoprotein metabolism ทำให้เกิดภาวะไลโปโปรตีนในเลือดสูง (hyperlipoproteinemia) หรือภาวะไลโปโปรตีนในเลือดต่ำ (hypolipoproteinemia) ผู้ป่วยเบาหวาน ผู้ป่วยขาดฮอร์โมนไทรอยด์ และผู้ป่วยโรคไต มักมีความผิดปกติของ lipoprotein metabolism ด้วย เช่น ผู้ป่วยเบาหวานที่ขาด insulin จะขาด Lipoprotein lipase (LPL) ทำให้ป่วยเป็นโรค Type I hyperlipoproteinemia นอกจากนี้ insulin และ thyroid hormone ยังทำให้ LDL จับกับ LDL-receptor ที่ผิวเซลล์ตับ เพื่อนำ LDL เข้าเซลล์ตับโดยวิธี endocytosis ดังนั้นผู้ป่วยเบาหวาน และผู้ป่วย hypothyroidism ที่ขาดฮอร์โมนอินซูลิน และฮอร์โมนไทรอยด์ จึงลดการขนส่ง LDL เข้าตับ ทำให้มี cholesterol ในเลือดสูงมาก และมีโอกาสป่วยเป็นโรคหลอดเลือดแดงอุดตัน (atherosclerosis) สูงขึ้น (วิชัย, 2545)

## การออกกำลังกายที่ส่งผลต่อระดับ LDL-C และ HDL-C

ในปัจจุบันพบว่า ระดับ LDL-C เป็น cholesterol ตัวหนึ่งที่เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงตีตัน ถ้าในร่างกายมีระดับ LDL-C สูง และมี HDL-C ในเลือดต่ำจะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงตีตันเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถช่วยลดปริมาณไขมันในร่างกายลดระดับ triglycerides ลดระดับ LDL-C และเพิ่ม HDL-C ในเลือดได้ (Ziogas *et al.*, 1997; Houmard *et al.*, 1994) ดังที่ Kelly และคณะ(2004) ได้รายงานว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ทำให้ระดับ HDL-C ในเลือดเพิ่มขึ้น รวมทั้งทำให้ระดับของ Total Cholesterol LDL-C และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง ซึ่ง Laaksonen และคณะ (2000) ก็ได้รายงานว่าการให้ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 ออกกำลังกายแบบแอโรบิก นาน 60 นาที เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ จะช่วยลดระดับของ LDL-C และ apolipoprotein แต่เพิ่มระดับของ HDL-C ในเลือด ในทางตรงกันข้าม Stefanick และคณะ(1998) รายงานว่าการควบคุมอาหารร่วมกับการออกกำลังกายทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ (TG) และ LDL-C ลดลงแต่ระดับ HDL-C ไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ Jorde และคณะ(2007) ก็ได้รายงานว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ความหนักระดับสูงสุด ทำให้ Oxidized LDL-C เพิ่มขึ้นและลดระดับ LDL-C ลงการที่ผลของการวิจัยแตกต่างกันนั้น อาจเนื่องมาจากปริมาณและความหนักของการออกกำลังกายที่ใช้ในแต่ละงานวิจัยนั้นแตกต่างกัน

## โครงสร้างของโปรตีน Adiponectin

Adiponectin เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 230 ตัว มีขนาดประมาณ 25-30 kDa สร้างมาจากเซลล์ไขมัน เนื่องจากโปรตีนชนิดนี้ได้ถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์หลาย กลุ่มในช่วงเวลาใกล้เคียงกันจึงมีชื่อเรียกต่างกันไป ได้แก่ Acrp30 (adipocyte complement-related protein of 30 kDa), adipose most abundant gene transcript-1 (APM1), GBP-28 (gelatin-binding protein of 28 kDa), และ AdipoQ โปรตีน adiponectin มีปริมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 5 ถึง 30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งโปรตีนชนิดนี้ในกระแสเลือดมีได้หลายรูปแบบ ได้แก่ trimers, examers และ multimers อย่างไรก็ตามการทำงานของโปรตีนชนิดนี้ ในแต่ละรูปแบบยังไม่มีความชัดเจน

โครงสร้างของโปรตีนชนิดนี้ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ signal sequence อยู่ทางด้าน N-terminal, variable region, collagenous domain และ globular domain ที่อยู่ทางด้าน C-terminal ลักษณะรูปร่างพื้นฐานโดยรวมของ adiponectin จะอยู่รวมกันเป็น LMW (low molecular weight) จาก trimeric โดยใช้ส่วน globular domain จับกัน ซึ่งประมาณ 4-6 trimers ประกอบรวมกันเป็น MMW (middle molecular weight) จาก exameric ทำให้เกิดโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ประกอบรวมกันเป็น HMW (high molecular weight) เป็น multimers

อินซูลินเป็นตัวกระตุ้นการแสดงออกของยีน adiponectin และการหลั่งของ adiponectin ในเซลล์ไขมันที่ถูกเพาะในจานเลี้ยง รวมทั้งกระตุ้นให้มีการสร้าง adiponectin จากเซลล์ไขมันที่ถูกแยกมาจากเซลล์ไขมันในช่องท้อง (Giannessi and Maltinti, 2007)

## บทบาทของโปรตีน adiponectin

ปัจจุบันได้มีรายงานการค้นพบตัวรับ (receptor) สำหรับโปรตีน adiponectin จำนวน 2 ชนิด ซึ่งมีการกระจายตัวที่แตกต่างกันออกไป ตามอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของกลูโคส และไขมัน ได้แก่ AdipoR1 และ AdipoR2 โดย AdipoR1 พบได้มากในกล้ามเนื้อลาย ส่วน AdipoR2 พบเป็นจำนวนมากในตับ (Yamauchi et al., 2002) ซึ่ง Damcott และคณะ (2005) พบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งลำดับเบสของดีเอ็นเอ (polymorphism) บนตัวรับของโปรตีน adiponectin (adiponectin receptor) กับการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างชัดเจน นอกจากนี้ Solomon และคณะ (2008) ก็พบว่าระดับ Adiponectin เป็นโปรตีนที่ช่วยลดการอักเสบของหลอดเลือด ทั้งนี้อายุ เพศ และสัดส่วนของร่างกายเป็นปัจจัยที่มีผลต่อระดับ Adiponectin

## การทำงานของโปรตีน adiponectin ต่อการเพิ่มความไวของอินซูลินในร่างกาย

ได้มีรายงานการศึกษาโดย Yamauchi และคณะ ในปี พ.ศ. 2002 ซึ่งพบว่า Adiponectin มีผลเพิ่มการนำส่งสัญญาณของอินซูลินในเซลล์กล้ามเนื้อลาย โดยเพิ่มการเหนี่ยวนำ tyrosine- phosphorylation ของ insulin receptor นอกจากนี้ได้มีรายงานการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ กลไก การกระตุ้นผ่าน 5-AMP kinase ในเซลล์กล้ามเนื้อลายและเซลล์ตับ ซึ่งทำให้เพิ่มการใช้พลังงานของเซลล์เหล่านี้และเพิ่มกระบวนการเมตาบอลิซึมของกลูโคสและไขมัน

จากรายงานการศึกษาโดย Hu และคณะในปี ค.ศ. 1996 พบว่า ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 และมีภาวะน้ำหนักเกินร่วมด้วย มีปริมาณของ กรดไขมันอิสระ leptin และ TNF- $\alpha$  อยู่ในระดับสูง ทั้งนี้ Putz *et al.* (2004) พบว่า ในคนอ้วนหรือผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จะมีปริมาณของ Adiponectin ต่ำ และปริมาณ Adiponectin มีความสัมพันธ์กับระดับของความต้านทานต่อฮอร์โมนอินซูลิน นอกจากนี้ Adiponectin และ leptin ยังช่วยในการเผาผลาญไขมัน และสลายปริมาณไขมันในเลือด ดังนั้นการลดลงของ Adiponectin ในคนอ้วน ทำให้คนอ้วนมีระดับของ triglycerides และ HDL ที่ผิดปกติ รวมทั้งมีภาวะคือต่อฮอร์โมนอินซูลิน ซึ่งการมีปริมาณไขมันในกระแสเลือดมากและการต้านทานต่อฮอร์โมนอินซูลิน ทำให้มีโอกาสเกิดการอักเสบของหลอดเลือด

โปรตีน adiponectin มีผลต่อขบวนการออกซิเดชันของกรดไขมันอิสระในเซลล์กล้ามเนื้อลาย และเซลล์ตับ โดยเพิ่มการแสดงออกของยีนหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งกรดไขมัน และขบวนการออกซิเดชันของกรดไขมันในเซลล์กล้ามเนื้อลาย ได้แก่ CD 36 (fatty-acid transporter-protein) ACO (acyl-CoA oxidase) และ UCP2 (uncoupling protein 2) ดังนั้นจึงมีผลเพิ่มการเผาผลาญไขมันและเพิ่มการใช้พลังงานในกล้ามเนื้อมากขึ้น และยังมีผลลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์อีกด้วย ส่วนในเซลล์ตับนั้น โปรตีน adiponectin มีผลลดการแสดงออกของยีน CD 36 ทำให้ลดการนำเข้าของกรดไขมันอิสระกลับสู่เซลล์ตับ และมีผลลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์ เนื่องจาก Adiponectin ควบคุมเมตาบอลิซึมของไขมันในร่างกาย ดังนั้นถ้ามี Adiponectin จำนวนมากก็จะสามารถลดการอักเสบ และการตีตันของหลอดเลือด ที่นำมาสู่ภาวะโรคเส้นเลือดหัวใจตีบได้ (Shimada *et al.*, 2003)

## ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง Adiponectin และไขมันในช่องท้อง

ในปัจจุบันยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าการออกกำลังกายส่งผลต่อระดับ Adiponectin และปริมาณไขมันในช่องท้องอย่างไร ทั้งนี้งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และระดับไขมันในร่างกายนี้อาจไม่เกี่ยวข้องกันกับระดับของ Adiponectin ดังที่ Marell *et al.* (2005) ได้รายงานว่ามีภาวะไขมันในร่างกายนี้อาจสูง (BMI มากกว่า  $33 \text{ kg/m}^2$ ) เมื่อออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่ความหนัก  $80-90\%HR_{max}$  เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ไม่ทำให้ระดับ Adiponectin เปลี่ยนแปลง เมื่อ Yokoyama *et al.* (2004) ทำการวิจัยที่คล้ายกันกับผู้ป่วยเบาหวานก็ได้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน กล่าวคือออกกำลังกายแบบต่อเนื่องนาน 40 นาที ที่ความหนัก  $50-60\%HR_{max}$  เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ไม่ได้ทำให้ระดับ Adiponectin เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้การออกกำลังกายที่สามารถลดปริมาณไขมันในร่างกายนี้อาจลดลงได้ก็ไม่สามารถเพิ่มปริมาณของ Adiponectin ได้ ดังเช่น Nassis *et al.* (2005) ที่รายงานว่าทำให้เด็กผู้หญิงอ้วน (BMI มากกว่า  $26 \text{ kg/m}^2$ ) ออกกำลังกายแบบต่อเนื่องนาน 40 นาที โดยควบคุมชีพจรที่ 150 ครั้ง/นาที เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สามารถทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายนี้อาจลดลงได้ แต่ไม่มีผลต่อระดับ Adiponectin

นอกจากนี้การออกกำลังกายแบบแอโรบิก ด้วยวิธีการเดินหรือปั่นจักรยาน 60 นาที ที่ความหนัก  $85\%HR_{max}$  5 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ช่วยให้ น้ำหนักตัว และไขมันในช่องท้องลดลง การต้านทานอินซูลินดีขึ้น (insulin resistance) แต่ระดับ Adiponectin ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งขัดแย้งกับที่ Moran *et al.* (2009) รายงานว่าการออกกำลังกายที่ความหนัก  $60-80\%HR_{max}$  เป็นระยะเวลานาน 7 สัปดาห์ ทำให้ Leptin เพิ่มขึ้นแต่ระดับ Adiponectin และ insulin sensitivity ลดลง อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายแบบแอโรบิก 50 นาที จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ร่วมกับการควบคุมอาหาร ทำให้ไขมันในร่างกายนี้อาจลดลง และ LDL-C ของคนอ้วนที่มีดัชนีมวลกาย  $30 \text{ กก./m}^2$  ลดลงได้ แต่ไม่สามารถเพิ่มระดับของ Adiponectin และ HDL-C ได้ (Lang *et al.*, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Janssen *et al.* (2002) รายงานว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ความหนัก  $50-85\%HR_{max}$  ร่วมกับการควบคุมอาหาร ทำให้ไขมันในเลือดลดลงแต่การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านร่วมกับการควบคุมอาหารกลับลดระดับของ HDL-C

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ตู้กอด (Treadmill) ยี่ห้อ Cateye ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย InBody รุ่น 720 ผลิตจากประเทศเกาหลี
3. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย ยี่ห้อ Polar ผลิตจากประเทศจีน

### วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

#### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ประชากรเพศหญิงที่มีอายุระหว่าง 25-45 ปี โดยมีปริมาณไขมันสะสมในร่างกาย (% body fat) มากกว่าร้อยละ 28 ของน้ำหนักตัว โดยประเมินจากเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (In body) และมีค่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก (waist - to - hip circumference ratio) มากกว่า 0.8

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ คือ อาสาสมัครเพศหญิงที่มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกายมากกว่าร้อยละ 28 ของน้ำหนักตัว และมีอายุระหว่าง 25-45 ปี มีค่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก (waist - to - hip circumference ratio) มากกว่า 0.8 รวมทั้งกลุ่มตัวอย่างต้องไม่มีการบาดเจ็บในขณะที่เข้าร่วมวิจัย ไม่เป็นโรคเบาหวาน หรือโรคประจำตัวที่มีผลต่อการออกกำลังกาย เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด ความผิดปกติของฮอร์โมน ปวดเข่าเรื้อรัง เป็นต้น ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มเข้ากลุ่ม (Random assignment) 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ที่ให้ประกอบกิจวัตรประจำวันตามปกติ และกลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ซึ่งต้องออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ให้นาน 16 สัปดาห์ ซึ่งโครงการวิจัยได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์จากคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี และกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม consent ยินยอมเข้าร่วมวิจัย

## วิธีการ

การทำวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล (ภาพที่ 6) ดังต่อไปนี้

### ก่อนเข้าโปรแกรมออกกำลังกาย

แนะนำให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจถึงวัตถุประสงค์และขั้นตอนของงานวิจัย จากนั้นให้ตัวอย่างทำแบบสอบถามเกี่ยวกับประวัติการเจ็บป่วยและประวัติการออกกำลังกาย จากนั้นจึงทำการเจาะเลือดที่ข้อพับ ระหว่างเวลา 8.30-9.30 น. โดยให้งดน้ำและงดอาหารหลังเที่ยงคืนก่อนวันเจาะเลือด เพื่อนำเลือดไปวิเคราะห์หาระดับ Adiponectin และระดับของไขมันในเลือด คือ Total Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C วัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย วัดไขมันในช่องท้อง (Visceral Fat area) วัดรอบเอว ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง คำนวณหาอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก วัดความดันโลหิตและชีพจร คำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (Target heart rate, THR) ในการออกกำลังกายจากวิธีของ Karvonen ทั้งนี้ได้กำหนดความหนักเริ่มต้นที่ 80% ของ อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (Heart Rate Reserve, HRR)

$$\text{THR} = [80\% \times (\text{HRmax} - \text{HRrest})] + \text{HR rest}$$

โดย THR คือ อัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (ครั้งต่อนาที)

HRrest คือ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)

HRmax คือ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และคำนวณจากสมการ

$$\text{HRmax} = 220 - \text{อายุ (ครั้งต่อนาที)}$$

### การออกกำลังกาย

ให้กลุ่มทดลองอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นระยะเวลา 10 นาที จากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนักเริ่มต้นคือ 80%HRR นาน 45 นาที จากนั้นจึงบริหารกล้ามเนื้อลำตัวโดยใช้ลูกบอลจำนวน 8 ท่า ท่าละ 3 เซต (ภาคผนวก ค) เป็นระยะเวลาประมาณ 30 นาที โดยให้ออกกำลังกาย 3 วันต่อสัปดาห์ ทั้งนี้จะปรับความหนักของการออกกำลังกายให้เพิ่มขึ้นทุก 2 สัปดาห์ ดังนี้ 1) ปรับความหนักของการเดินบนลู่วิ่งที่เริ่มต้นจาก 80%HRR ในสัปดาห์แรก ให้เพิ่มเป็น 90%HRR ในสัปดาห์ที่ 3 และให้คง

ความหนักที่ 90%HRR จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 16 2)ปรับความหนักของการบริหารกล้ามเนื้อส่วนกลางของร่างกายโดยใช้ลู่วิ่งออกกำลังกายด้วยจำนวนครั้งและความเร็วที่เพิ่มขึ้น โดยต้องปฏิบัติให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 30 นาที เมื่อสิ้นสุดการออกกำลังกายแต่ละครั้ง ให้ทำการผ่อนคลายกล้ามเนื้อโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้งนี้กลุ่มทดลองจะต้องออกกำลังกายนานทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ สำหรับกลุ่มควบคุมให้ประกอบกิจวัตรประจำวันตามปกติโดยไม่มี การออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเพิ่มเติม

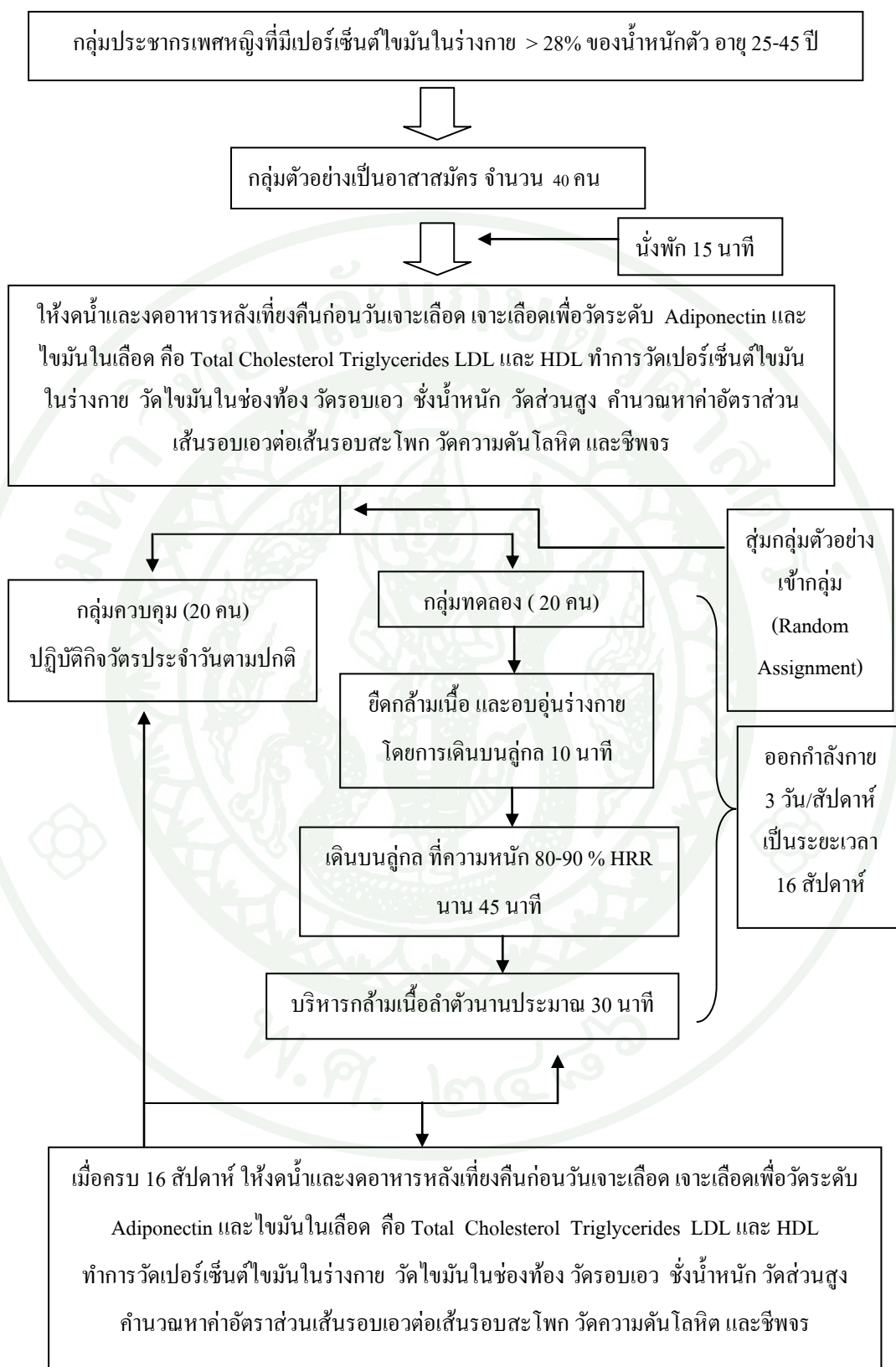
### หลังเข้าโปรแกรมการออกกำลังกาย

เมื่อครบ 16 สัปดาห์ที่เข้าร่วมวิจัยแล้วกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม จะถูกเจาะเลือดที่ข้อพับ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับ Adiponectin และระดับของไขมันในเลือด คือ Total Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C โดยให้กลุ่มตัวอย่างงดน้ำและอาหารก่อนการเจาะเลือด และทำการ เจาะเลือดในระหว่างเวลา 8.30-9.30 น. รวมทั้งทำการวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง (Visceral Fat Area) วัดรอบเอว ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดชีพจร วัดความดันโลหิต และ คำนวณหาค่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก

### การตรวจวิเคราะห์เลือดและไขมันในร่างกาย

เลือดที่ถูกเจาะจากเส้นเลือดดำบริเวณข้อพับ จะถูกเก็บอยู่ในหลอดเลือดชนิด Clotted blood เพื่อส่งเลือดไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ โดยทำการวิเคราะห์ Total cholesterol, HDL-C LDL-C และ Triglyceride ด้วยเครื่อง Cobas-C311 automated chemistry analyzer และทำการวิเคราะห์ adiponectin ในเลือดด้วยชุดวิเคราะห์ Human Total Adiponectin/Acrp30 Quantikine ELISA Kit (R&D System Inc., U.S.A.)

ทำการวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายและปริมาณของไขมันในช่องท้อง (visceral fat area) ด้วยวิธี Bioelectrical Impedance Analysis (InBody รุ่น 720 ผลิตจากประเทศเกาหลี) โดยให้กลุ่มตัวอย่างงดอาหารและน้ำก่อนวัด อย่างน้อย 4 ชั่วโมง รวมทั้งงดการดื่มเครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ก่อนวัดอย่างน้อย 48 ชั่วโมง (ภาคผนวก ก)



ภาพที่ 6 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการทดลอง

## สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS)

1. คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เพอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย Visceral Fat รอบเอว ระดับ Adiponectin และระดับของไขมันในเลือด คือ Total Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม

2. ทดสอบการแจกแจงแบบโค้งปกติ (NormalityTest) โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov และกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติจะถูกนำมาวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลของโปรแกรมการออกกำลังกายและระยะเวลาการออกกำลังกาย ด้วยสถิติ Two-way MANOVA with repeated measure

4. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ด้วยสถิติ One-way MANOVA เพื่อหาความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง ระดับ Adiponectin และระดับของไขมันในเลือด คือ Total Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C เมื่อพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ (Multiple Comparisons) โดยวิธีของ Bonferroni กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. การวิเคราะห์ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง ระดับ Adiponectin และระดับของไขมันในเลือด คือ Total Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way MANOVA with repeated) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยสถิติ Paired Samples T-test

6. วิเคราะห์แบบ non-parametric โดยใช้ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test กับตัวแปรที่ไม่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ ดังนี้ รอบเอวของกลุ่มทดลอง ระยะหลัง

การทดลอง อัตราส่วนระหว่างเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพกของกลุ่มทดลอง ระยะก่อน และหลังการทดลอง เปรูเรชั่นไขมันในร่างกายของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระยะ หลังการทดลอง Triglycerides ของกลุ่มทดลอง ระยะก่อนและหลังการทดลอง Adiponectin ของกลุ่มทดลอง ระยะก่อนการทดลอง

7. หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ด้วยสถิติความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation)

**สถานที่ทำการวิจัย**

ศูนย์ปฏิบัติการและวิจัยกองออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ อาคาร 6 ชั้น 2 กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

**ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย**

เดือนพฤษภาคม – กันยายน 2555

**แหล่งทุนสนับสนุน**

ทุนส่วนตัว

## ผลการวิจัยและวิจารณ์

### ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในอาสาสมัครเพศหญิง จำนวน 40 คน ที่มีอายุระหว่าง 25-45 ปี มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกายมากกว่าร้อยละ 28 ของน้ำหนักตัว และมีค่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก มากกว่า 0.8 โดยที่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 40 คน ถูกสุ่มเข้ากลุ่ม (Random assignment) จำนวน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน โดยให้ประกอบกิจวัตรประจำวันตามปกติ ทั้งนี้ไม่มีการออกกำลังกาย หรือเล่นกีฬาเพิ่มเติม และกลุ่มทดลองจำนวน 20 คน โดยให้ออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับออกกำลังกายโดยใช้ลูกบอลออกกำลังกาย รวมทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ เนื่องจากระดับ triglyceride ในระยะก่อนออกกำลังกายของกลุ่มทดลอง 1 คน ออกนอกกลุ่มมากผิดปกติ (Outlier) จึงไม่ได้นำข้อมูล triglyceride ของผู้เข้าร่วมวิจัยคนดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ทั้งในระยะก่อนและหลังการทดลอง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลวิจัยในรูปแบบของตารางภาพประกอบความเรียงโดยแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก สัดส่วนของร่างกายและไขมันในเลือด ระดับ Adiponectin ของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 2 กลุ่มในระยะก่อนการทดลอง

ตอนที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรแกรมการออกกำลังกายกับระยะเวลา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way MANOVA with repeated measure) และวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ One-way MANOVA เพื่อหาความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง ระดับของไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin โดยทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนของร่างกาย ไขมันในร่างกาย ไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 16 ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยสถิติ one-way MANOVA with repeated measure และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยสถิติ Paired Samples T-test สำหรับตัวแปรที่ไม่มีการแจกแจงแบบโค้ง

ปกติ ได้ถูกแสดงผลการวิเคราะห์แบบ non-parametric ด้วยสถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test ร่วมด้วย

ตอนที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Adiponectin กับไขมันในร่างกายไขมันในเลือดและคอเลสเตอรอล ด้วยสถิติความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation)

#### ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง สัดส่วนของร่างกาย ไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ระยะก่อนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งประกอบไปด้วย อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก รวมทั้งสัดส่วนของร่างกาย ระดับของไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ในระยะก่อนการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง สัดส่วนของร่างกาย ไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ก่อนการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
อายุ (ปี)	35.70	7.48	32.30	7.06
น้ำหนักตัว (กก.)	73.90	15.04	75.66	12.94
ส่วนสูง (ซม.)	152.32	29.77	161.05	6.13
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )	30.27	6.29	29.14	5.02
รอบเอว (ซม.)	95.07	12.42	94.64	9.83
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก	0.92	0.06	0.92	0.04
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%)	43.53	11.89	40.37	4.74
ไขมันในช่องท้อง (ซม. <sup>2</sup> )	94.35	17.79	90.80	16.28
Total Cholesterol (mg/dl)	196.20	32.35	209.65	34.03
Triglycerides (mg/dl)	109.70	49.22	93.26	36.11
HDL-C (mg/dl)	53.85	13.25	56.85	13.46
LDL-C (mg/dl)	131.75	26.93	140.30	26.89
ระดับ Adiponectin ( $\mu$ g/ml)	4.99	2.28	5.64	3.72

เนื่องจากระดับ triglyceride ในระยะก่อนออกกำลังกายของกลุ่มทดลอง 1 คน ออกนอกกลุ่มมากผิดปกติ (Outlier) จึงได้ตัดข้อมูล triglyceride ของผู้เข้าร่วมวิจัยคนดังกล่าวออกจากการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้งนี้ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มควบคุมมีอายุเฉลี่ย  $35.7 \pm 7.48$  ปี และเป็นผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยมีดัชนีมวลกายเฉลี่ยเท่ากับ  $30.27 \pm 6.29$  กก./ $m^2$  เฟอร์เรตินไขมันในร่างกายเฉลี่ย  $43.53 \pm 11.89$  เฟอร์เรตินไขมันในช่องท้องเฉลี่ย  $94.35 \pm 17.79$  ซม.<sup>2</sup> และระดับ Adiponectin  $4.99 \pm 2.28$   $\mu\text{g/ml}$  กลุ่มทดลองมีอายุเฉลี่ย  $32.3 \pm 7.06$  ปี ซึ่งเป็นผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยมีดัชนีมวลกายเฉลี่ย  $29.14 \pm 5.02$  กก./ $m^2$  เฟอร์เรตินไขมันในร่างกายเฉลี่ย  $40.37 \pm 4.74$  เฟอร์เรตินไขมันในช่องท้องเฉลี่ย  $90.8 \pm 16.28$  ซม.<sup>2</sup> และระดับ Adiponectin  $5.64 \pm 3.72$   $\mu\text{g/ml}$  โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของระดับ LDL-C ในเลือดสูงกว่าปกติ

## ตอนที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาปฏิสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลาการออกกำลังกายที่มีต่อตัวแปรที่ศึกษา

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลาการออกกำลังกายด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way MANOVA with repeated measure)

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	P-value
<b>ระหว่างสมาชิก</b>					
กลุ่มตัวอย่าง (Group)	871.685	1	871.685	.433	.515
ความคลาดเคลื่อน	76509.789	38	2013.416		
<b>ภายในสมาชิก</b>					
เวลา (Time)	39.440	1	39.440	0.115	.736
กลุ่มตัวอย่าง*เวลา	4816.760	1	342.682	14.056	.001**
ความคลาดเคลื่อน	13021.909	38			

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุสองทางแบบวัดซ้ำ แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาเฉพาะ การทดลองที่ให้เพียงอย่างเดียว พบว่าการทดลองไม่ได้ทำให้กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม มีความแตกต่างกัน  $F_{(1, 38)} = .433$  เมื่อพิจารณาจากระยะเวลาเพียงอย่างเดียว พบว่า ระยะเวลาก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน  $F_{(1, 38)} = 0.115$  อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวอย่างกับเวลา  $F_{(1, 38)} = 14.056$  ซึ่งหมายความว่าโปรแกรมการออกกำลังกายที่ให้กลุ่มทดลองปฏิบัติและระยะเวลาที่ให้ออกกำลังกายต่างร่วมกันส่งผลให้เห็นความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษา



**ตารางที่ 3** แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรที่ศึกษา ทั้งในระยะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ด้วยการใช้วิธีวิเคราะห์

ความแปรปรวนพหุทางเดียว (One-way MANOVA)

ตัวแปรที่ศึกษา	SS	df	MS	SS <sub>error</sub>	df <sub>error</sub>	MS <sub>error</sub>	F	P-value
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )	126.253	1	126.253	2306.966	76	30.355	4.149	.045*
รอบเอว (ซม.)	318.801	1	318.801	10742.978	76	141.355	2.255	.137
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก	.010	1	.010	.282	76	.004	2.665	.107
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%)	876.488	1	876.488	6303.494	76	82.941	10.568	.002**
ไขมันในช่องท้อง (ซม. <sup>2</sup> )	2967.048	1	2967.048	22417.242	76	294.964	10.059	.002**
Total Cholesterol (mg/dl)	125.000	1	125.000	74968.500	76	986.428	.127	.723
Triglycerides (mg/dl)	520.200	1	520.200	513026.100	76	6750.343	.077	.782
HDL-C (mg/dl)	108.113	1	108.113	12197.650	76	160.495	.674	.414
LDL-C (mg/dl)	572.450	1	572.450	55231.100	76	726.725	.788	.378
ระดับ Adiponectin (µg/ml)	23.795	1	23.795	582.262	76	7.661	3.106	.082

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว แสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้เข้าร่วมวิจัยเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์แล้ว กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีดัชนีมวลกายเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และปริมาณไขมันในช่องท้องแตกต่างกัน



**ตารางที่ 4** แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรที่ศึกษาในระลอกก่อนการทดลอง ด้วยการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว

(One-way MANOVA)

ตัวแปรที่ศึกษา	SS	df	MS	SS <sub>error</sub>	df <sub>error</sub>	MS <sub>error</sub>	F	P-value
น้ำหนักตัว (กก.)	30.625	1	30.626	7480.459	38	196.845	.156	.695
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )	12.882	1	12.882	1228.988	38	32.342	.398	.532
รอบเอว (ซม.)	1.849	1	1.849	4768.990	38	125.500	.015	.904
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก	6.250	1	6.250	.018	38	.003	.022	.883
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%)	99.856	1	99.856	3117.363	38	82.036	1.217	.277
ไขมันในช่องท้อง (ซม. <sup>2</sup> )	126.025	1	126.025	11047.959	38	290.736	.433	.514
Total Cholesterol (mg/dl)	1809.025	1	1809.025	41881.750	38	1102.151	1.641	.208
Triglycerides (mg/dl)	1368.900	1	1368.900	370359.000	38	9746.289	.140	.710
HDL-C (mg/dl)	90.000	1	90.000	6779.100	38	178.397	.504	.482
LDL-C (mg/dl)	731.025	1	731.025	27519.950	38	724.209	1.009	.321
ระดับ Adiponectin (ug/ml)	4.102	1	4.102	362.305	38	9.534	.430	.516

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียวของตัวแปรที่ศึกษาในระลอกก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมในระยะก่อนการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา	ก่อนการทดลอง			P-value <sup>a</sup>
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	ค่าความแตกต่าง	
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.E.$	
น้ำหนักตัว (กก.)	73.90 ± 15.04	75.66 ± 12.94	1.75 ± 4.45	.695
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )	30.27 ± 6.29	29.14 ± 5.02	1.35 ± 1.79	.532
รอบเอว (ซม.)	95.07 ± 12.42	94.64 ± 9.83	0.43 ± 3.54	.904
อัตราส่วนเส้นรอบเอว				
ต่อเส้นรอบสะโพก	0.92 ± 0.06	0.92 ± 0.04	0.00 ± 0.02	.883
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%)	43.53 ± 11.89	40.37 ± 4.74	3.16 ± 2.86	.277
ไขมันในช่องท้อง (ซม. <sup>2</sup> )	94.35 ± 17.79	90.80 ± 16.28	3.55 ± 5.39	.514
Total Cholesterol (mg/dl)	196.20 ± 32.35	209.65 ± 34.03	-13.45 ± 10.49	.208
Triglycerides (mg/dl)	109.70 ± 49.22	93.26 ± 36.11	16.44 ± 313.89	.244
HDL-C (mg/dl)	53.85 ± 13.25	56.85 ± 13.46	3.00 ± 4.22	.482
LDL-C (mg/dl)	131.75 ± 26.93	140.30 ± 26.89	8.55 ± 8.51	.321
ระดับ Adiponectin (µg/ml)	4.99 ± 2.28	5.64 ± 3.72	0.64 ± 0.98	.516

P-value<sup>a</sup> ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว (One-way MANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วย Bonferreni

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าในระยะก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย รอบเอว อัตราส่วนระหว่างเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ปริมาณไขมันในช่องท้อง Total Cholesterol Triglycerides HDL-C LDL-C ระดับ Adiponectin ไม่แตกต่างกัน

**ตารางที่ 6** แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรที่ศึกษาหลังการทดลอง ด้วยการใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว

(one-way MANOVA)

ตัวแปรที่ศึกษา	SS	df	MS	SS <sub>error</sub>	df <sub>error</sub>	MS <sub>error</sub>	F	P-value
น้ำหนักตัว(กก.)	114.582	1	114.582	9014.431	38	237.222	.483	.491
ดัชนีมวลกาย(กก./ม <sup>2</sup> )	151.321	1	151.321	1077.978	38	28.368	5.334	.026*
รอบเอว(ซม.)	570.780	1	570.780	5973.987	38	157.210	3.631	.064
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก	.018	1	.018	.175	38	.005	3.835	.058
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย(%)	1016.064	1	1016.064	3186.131	38	83.846	12.118	.001**
ไขมันในช่องท้อง(ซม. <sup>2</sup> )	4330.561	1	4330.561	11369.283	38	299.192	14.474	.001**
Total Cholesterol (mg/dl)	3404.025	1	3404.025	33086.750	38	870.704	3.910	.055
Triglycerides (mg/dl)	22.500	1	22.500	142667.100	38	3754.397	.006	.939
HDL-C (mg/dl)	27.225	1	27.225	5418.550	38	142.593	.191	.665
LDL-C (mg/dl)	3705.625	1	3705.625	27711.150	38	729.241	5.081	.030*
ระดับ Adiponectin (ug/ml)	23.747	1	23.747	219.957	38	5.788	4.103	.050*

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียวแสดงให้เห็นว่าตัวแปรที่ศึกษาภายหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่ม หลังจากเข้าร่วมวิจัยเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ได้แก่ คัชนีมวลกาย เฮอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง LDL-C และระดับ Adiponectin แตกต่างกัน

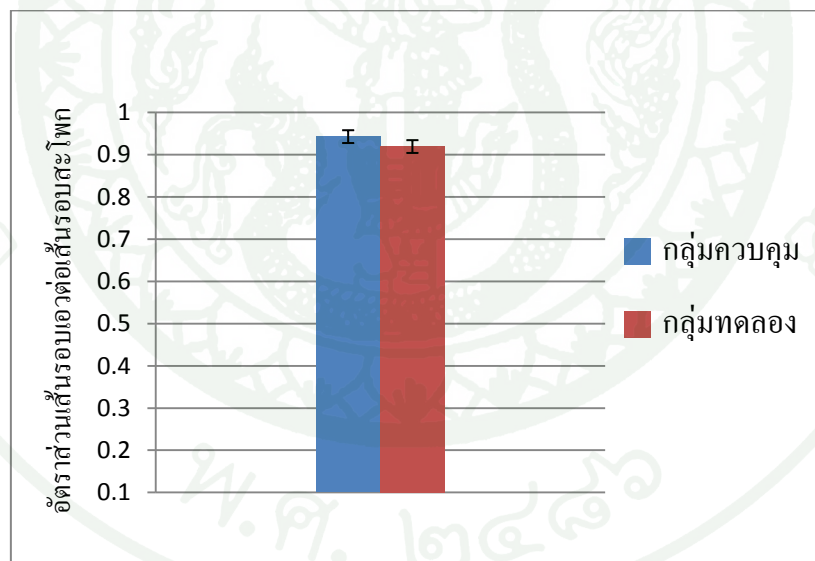
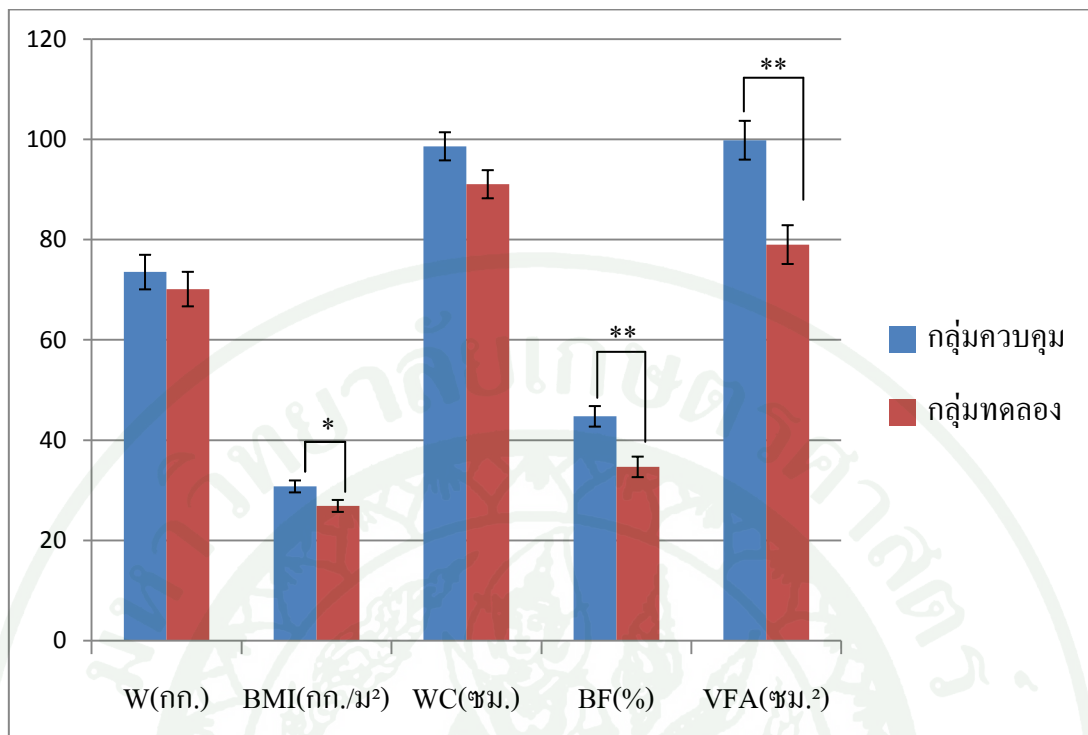
ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในระยะภายหลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 16

ตัวแปรที่ศึกษา	หลังการทดลอง			P-value <sup>a</sup>
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	ค่าความแตกต่าง	
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.E.$	
น้ำหนักตัว (กก.)	73.53 ± 18.39	70.14 ± 11.66	3.39 ± 4.87	.491
คัชนีมวลกาย(กก./ม <sup>2</sup> )	30.79 ± 6.11	26.90 ± 4.40	3.89 ± 1.68	.026*
รอบเอว (ซม.)	98.60 ± 13.35	91.06 ± 11.67	7.55 ± 3.96	.064
อัตราส่วนเส้นรอบเอว				
ต่อเส้นรอบสะโพก	0.94 ± 0.07	0.90 ± 0.07	0.04 ± 0.02	.058
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย(%)	44.77 ± 12.06	34.69 ± 4.72	10.08 ± 2.89	.001**
ไขมันในช่องท้อง (ซม. <sup>2</sup> )	99.82 ± 18.44	79.02 ± 16.07	20.81 ± 5.47	.001**
Total Cholesterol (mg/dl)	217.15 ± 34.83	198.70 ± 22.97	18.45 ± 9.33	.055
Triglycerides (mg/dl)	118.65 ± 47.65	108.11 ± 61.66	10.54 ± 17.59	.553
HDL-C (mg/dl)	52.60 ± 11.41	54.25 ± 12.44	-1.65 ± 3.77	.665
LDL-C (mg/dl)	143.55 ± 29.63	124.30 ± 24.08	19.25 ± 8.54	.030*
ระดับ Adiponectin (µg/ml)	4.49 ± 2.17	6.03 ± 2.61	-1.54 ± 0.76	.050*

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

P-value<sup>a</sup> ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว (One-way MANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วย Bonferreni

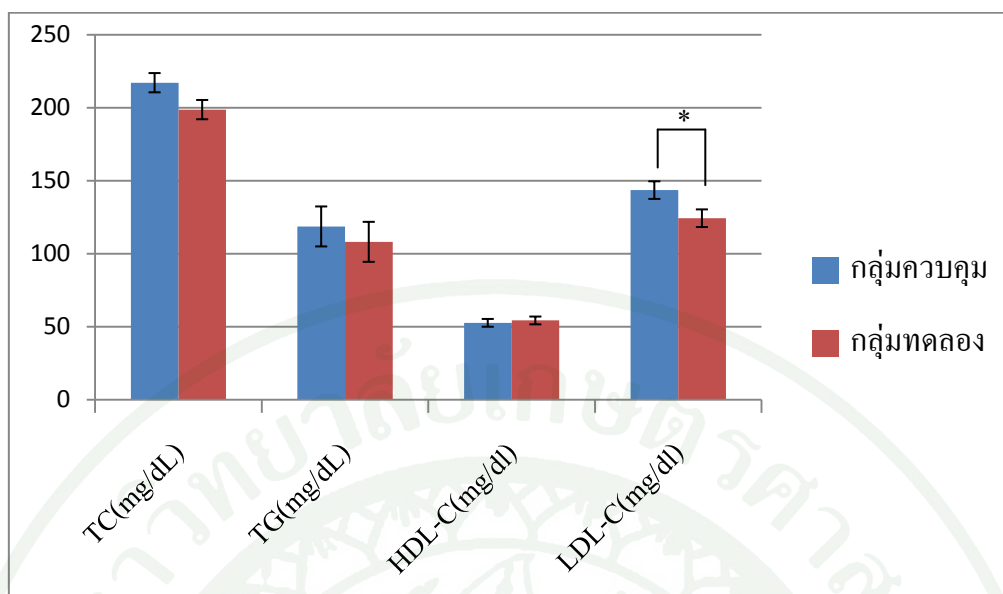


\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

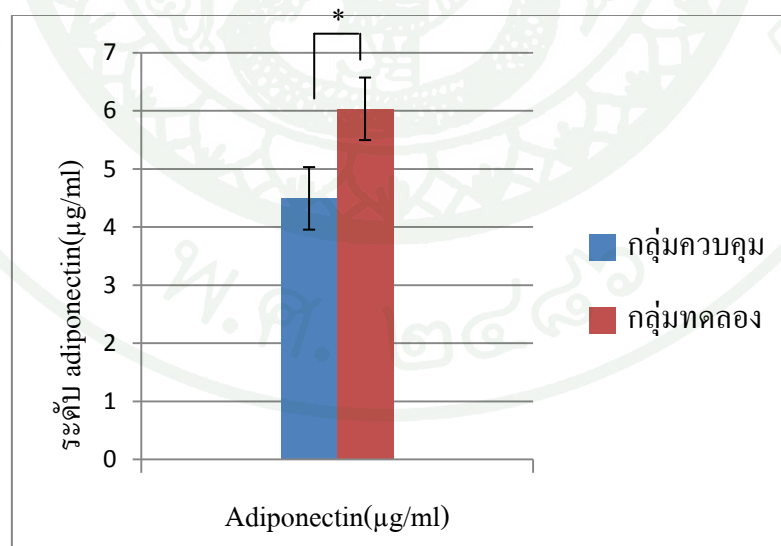
ภาพที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของน้ำหนักตัว (W)

ดัชนีมวลกาย (BMI) รอบเอว (WC) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (BF) ไขมันในช่องท้อง (VFA) และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก ในระยะหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม



\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ภาพที่ 8** แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของ Total Cholesterol (TC) Triglycerides (TG) HDL-C และ LDL-C ในระยะหลังการทดลอง ของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 2 กลุ่ม



\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ภาพที่ 9** แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของระดับ Adiponectin ในระยะหลังการทดลอง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม

จากตารางที่ 7 และภาพที่ 7-9 แสดงให้เห็นว่าภายหลังจากที่กลุ่มทดลองได้เข้าร่วมโปรแกรมออกกำลังกายเป็นเวลา 16 สัปดาห์แล้ว กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกาย เเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ปริมาณไขมันในช่องท้อง และระดับ LDL-C น้อยกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้การออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ยังทำให้กลุ่มทดลองมีระดับ Adiponectin มากกว่ากลุ่มควบคุม



ตอนที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาระหว่างก่อนการทดลองและ  
 ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 16

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาในระยะก่อนการทดลองและ  
 หลังการทดลองของกลุ่มควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียว  
 แบบวัดซ้ำ (One-way MANOVA with repeated measures)

แหล่ง	SS	Df	MS	SS <sub>error</sub>	df <sub>error</sub>	MS <sub>error</sub>	F	P-value <sup>a</sup>
ความแปรปรวน								
ตัวแปรที่ศึกษา	1949350.046	2.879	676985.837	158051.330	54.71	2888.912	234.339	.000**
เวลา	1992.239	1	1992.239	2318.335	19.00	122.018	16.327	.001**
ตัวแปรที่ศึกษา*								
เวลา	5085.387	1.947	2612.199	17803.115	36.989	481.310	5.427	.009**

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่า เมื่อพิจารณาตัวแปร  
 ที่ศึกษาเพียงอย่างเดียว ตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรมีความแตกต่างกัน ( $F_{(2.879, 54.71)} = 234.339$ )  
 และเมื่อพิจารณาระยะเวลาการทดลองเพียงอย่างเดียว พบว่า ตัวแปรที่ศึกษาในระยะเวลาก่อน  
 กับหลังการทดลองมีความแตกต่างกัน ( $F_{(1,19)} = 16.327$ ) นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง  
 ตัวแปรที่ศึกษากับระยะเวลาวิจัย ดังนี้คือ ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษา ขึ้นอยู่กับระยะเวลา  
 ของการวิจัย ( $F_{(1.947, 36.989)} = 5.427$ )

**ตารางที่ 9** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนของร่างกาย ไขมันในร่างกาย ไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 16 ของกลุ่มควบคุม

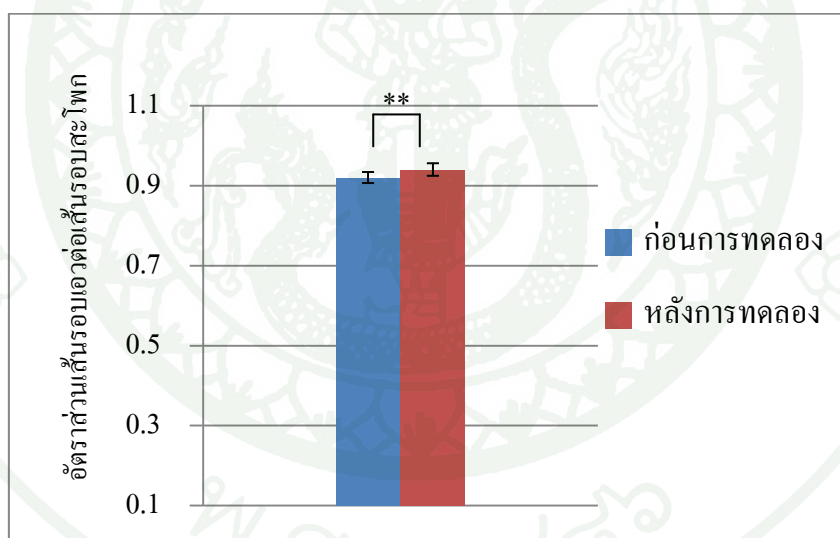
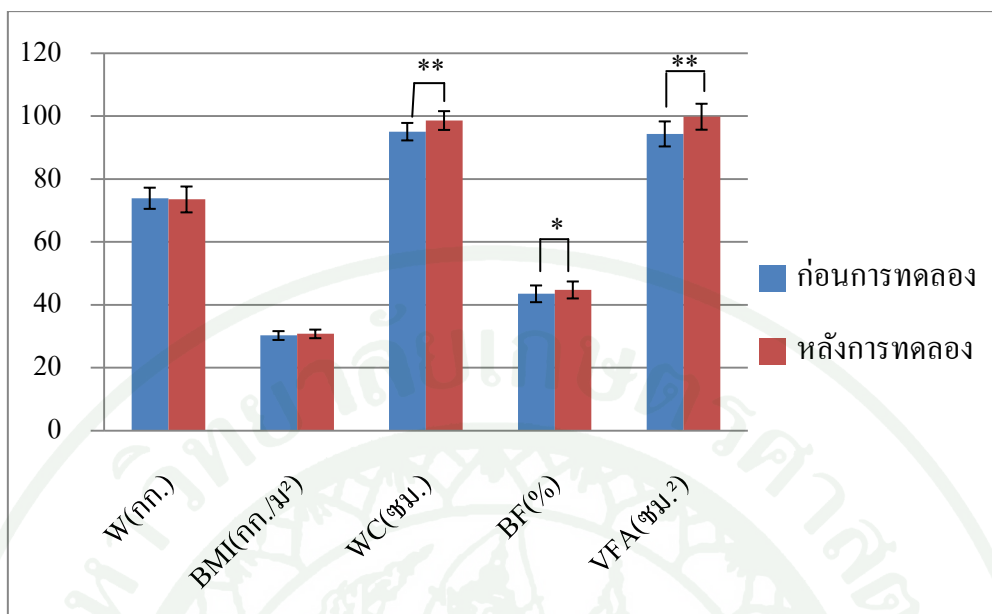
แหล่งความแปรปรวน	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		P-value <sup>a</sup>	P-value <sup>b</sup>
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
น้ำหนักตัว (กก.)	73.90	15.04	73.53	18.39	.834	
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )	30.27	6.29	30.79	6.11	.108	
รอบเอว (ซม.)	95.07	12.42	98.61	13.35	.001**	
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อ						
เส้นรอบสะโพก	0.92	0.06	0.94	0.07	.003**	
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%)	43.53	11.89	44.76	12.06	.032*	.006**
ไขมันในช่องท้อง (ซม. <sup>2</sup> )	94.35	17.79	99.83	18.44	.000**	
Total Cholesterol (mg/dl)	196.20	32.35	217.15	34.84	.000**	
Triglycerides (mg/dl)	109.70	49.22	118.65	47.65	.279	
HDL-C (mg/dl)	53.85	13.25	52.60	11.41	.270	
LDL-C (mg/dl)	131.75	26.93	143.55	29.63	.007**	
ระดับ Adiponectin ( $\mu\text{g/ml}$ )	4.99	2.28	4.49	2.17	.478	

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

P-value<sup>a</sup> ใช้สถิติ one-way MANOVA with repeated measure และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยสถิติ Paired Samples T-test (2-tailed)

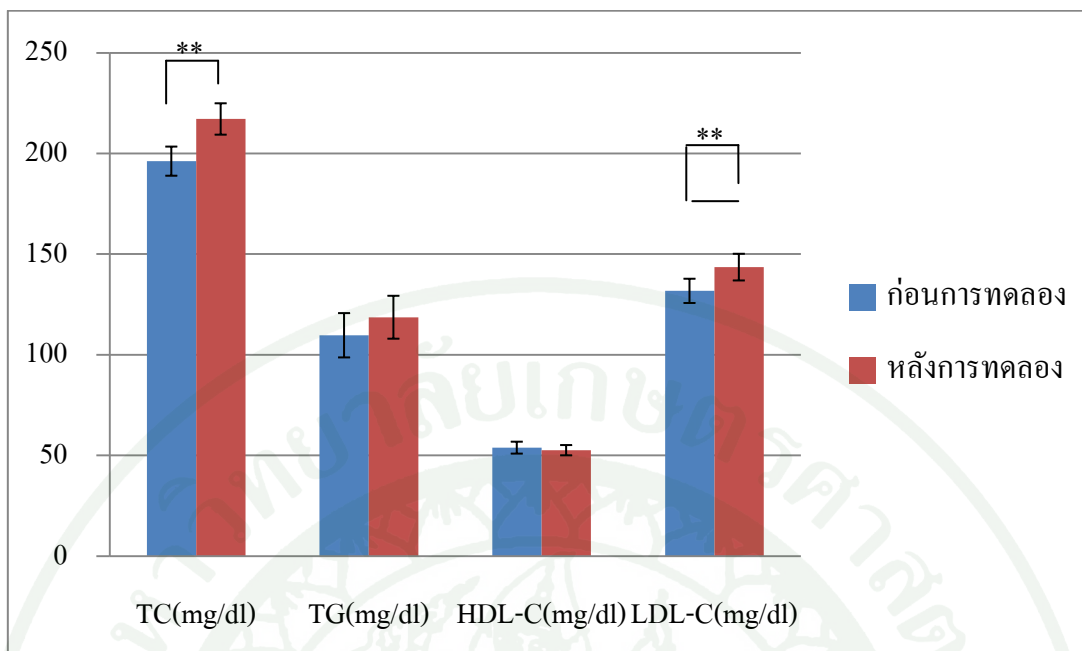
P-value<sup>b</sup> ตัวแปรไม่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ (เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ระยะหลังการทดลอง) จึงวิเคราะห์ด้วยสถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test



\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

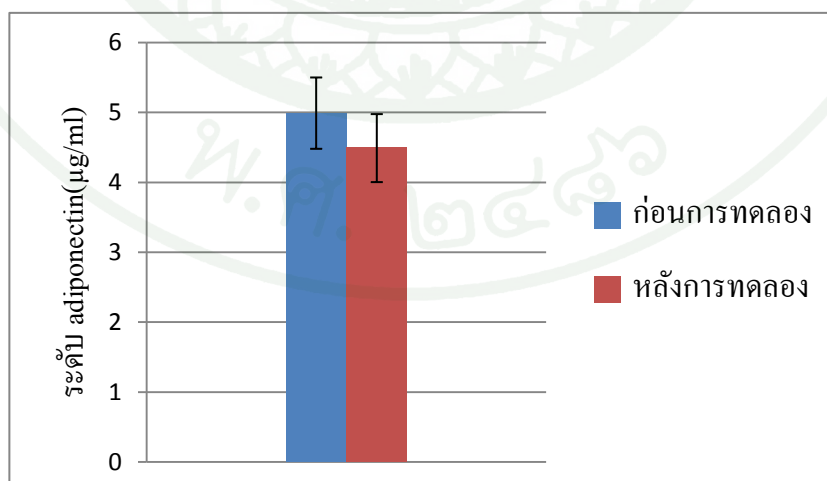
**ภาพที่ 10** แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของน้ำหนักตัว (W) ดัชนีมวลกาย (BMI) รอบเอว (WC) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (BF) ไขมันในช่องท้อง (VFA) และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม



\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ภาพที่ 11** แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของ Total Cholesterol (TC) Triglycerides (TG) HDL-C และ LDL-C ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม



**ภาพที่ 12** แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของระดับ Adiponectin ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

จากตารางที่ 9 และภาพที่ 10 - 12 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มควบคุม มีรอบเวอ อัตราส่วนเส้นรอบเวอต่อเส้นรอบสะโพก เปรอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง ปริมาณของ Total Cholesterol และ LDL-C เพิ่มขึ้นภายหลังจากที่เข้าร่วมวิจัยเป็นเวลา 16 สัปดาห์ แต่ระดับ Adiponectin ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ตารางที่ 10** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษาในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way MANOVA with repeated measures)

แหล่ง	SS	Df	MS	SS <sub>error</sub>	df <sub>error</sub>	MS <sub>error</sub>	F	P-value <sup>a</sup>
ความแปรปรวน								
ตัวแปรที่ศึกษา	1883179.934	1.431	1315747.968	389288.707	27.194	14315.255	91.912	.000**
เวลา	2863.961	1	2863.961	10703.575	19.00	563.346	5.084	.036*
ตัวแปรที่ศึกษา*								
เวลา	3347.423	1.146	2920.475	80118.118	21.778	3678.918	.794	.399

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่าเมื่อพิจารณาตัวแปรที่ศึกษาเพียงอย่างเดียว ตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรมีความแตกต่าง ( $F_{(1.431, 27.194)} = 91.912$ ) และเมื่อพิจารณาระยะเวลาการทดลองเพียงอย่างเดียว พบว่าตัวแปรที่ศึกษาในระยะเวลาก่อนกับหลังการทดลองมีความแตกต่างกัน ( $F_{(1,19)} = 5.084$ ) อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับระยะเวลาวิจัย นั่นคือความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษา ไม่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการวิจัย ( $F_{(1.146, 21.778)} = .794$ )

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนของร่างกาย ไขมันในร่างกาย ระดับของไขมันในเลือด และระดับ Adiponectin ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 16 ของกลุ่มทดลอง

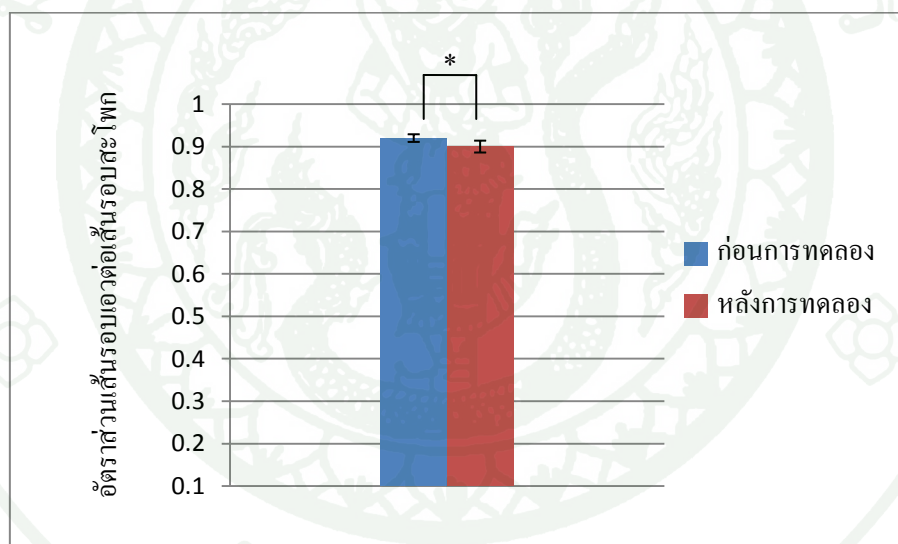
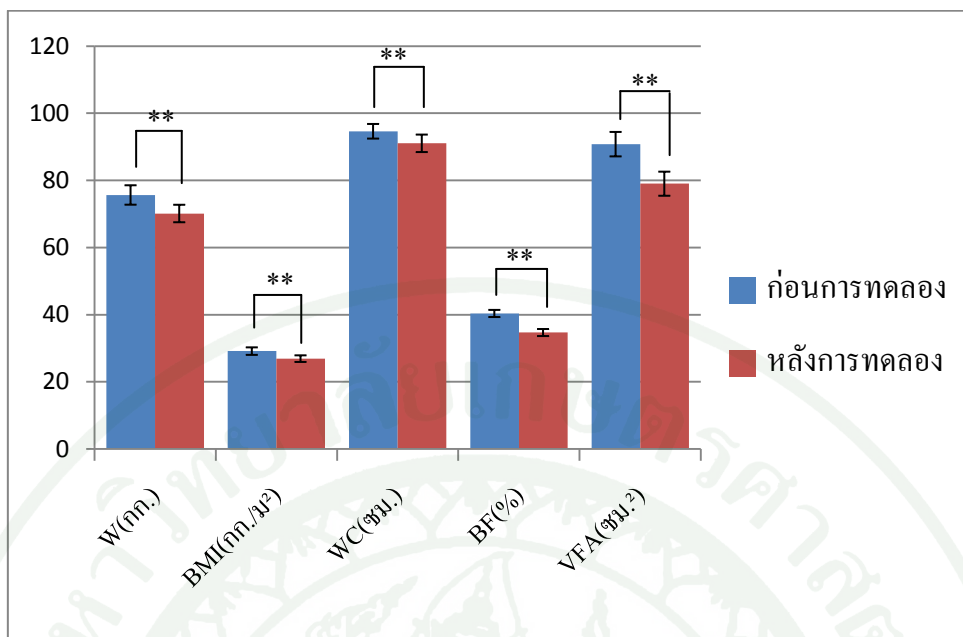
แหล่งความแปรปรวน	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		P-value <sup>a</sup>	P-value <sup>b</sup>
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
น้ำหนักตัว (กก.)	75.66	12.94	70.14	11.66	.000**	
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )	29.14	5.02	26.90	4.40	.000**	
รอบเอว (ซม.)	94.64	9.83	91.06	11.67	.001**	.000**
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้น						
รอบสะโพก	0.92	0.04	0.90	0.07	.038*	.039*
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%)	40.37	4.74	34.69	4.72	.000**	.000**
ไขมันในช่องท้อง (ซม. <sup>2</sup> )	90.80	16.28	79.02	16.07	.000**	
Total Cholesterol (mg/dl)	209.65	34.03	198.70	22.97	.035*	
Triglycerides (mg/dl)	93.26	36.11	108.11	61.66	.073	.064
HDL-C (mg/dl)	56.85	13.46	54.25	12.44	.059	
LDL-C (mg/dl)	140.30	26.89	124.30	24.08	.000**	
ระดับ Adiponectin ( $\mu\text{g/ml}$ )	5.64	3.72	6.03	2.61	.528	.225

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

P-value<sup>a</sup> ใช้สถิติ one-way MANOVA with repeated measure และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยสถิติ Paired Samples T-test (2-tailed)

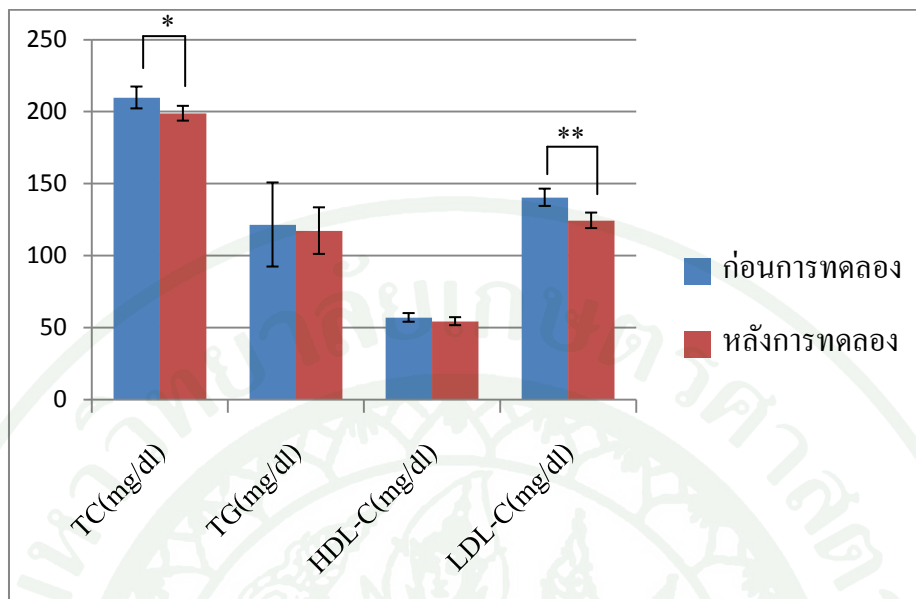
P-value<sup>b</sup> ตัวแปรไม่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ (รอบเอวระยะหลังการทดลอง อัตราส่วนระหว่างรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพกระยะก่อนและหลังการทดลอง เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระยะหลังการทดลอง Triglycerides ระยะก่อนและหลังการทดลอง และ Adiponectin ระยะก่อนและหลังการทดลอง) จึงวิเคราะห์ด้วยสถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test



\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

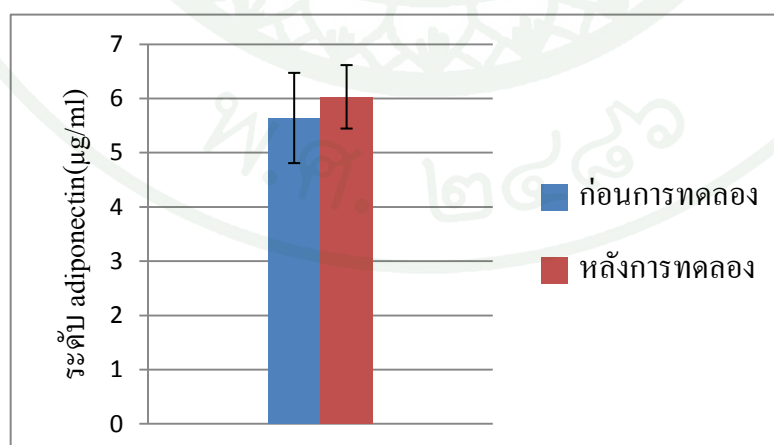
ภาพที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของน้ำหนักตัว (W) ดัชนีมวลกาย (BMI) รอบเอว (WC) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (BF) ไขมันในช่องท้อง (VFA) และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง



\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาพที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของ Total Cholesterol (TC) Triglycerides (TG) HDL-C และ LDL-C ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง



ภาพที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของระดับ Adiponectin ในระยะก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

จากตารางที่ 11 และภาพที่ 13 – 15 แสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการออกกำลังกายโดยใช้ลูกบอลออกกำลังกายเป็นเวลานาน 16 สัปดาห์ ทำให้ดัชนีมวลกาย รอบเอว อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้องลดลง รวมทั้งระดับ Total Cholesterol และ LDL-C ก็ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์แบบ non parametric พบว่า ระดับของ adiponectin ในระยะก่อนการทดลองและภายหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

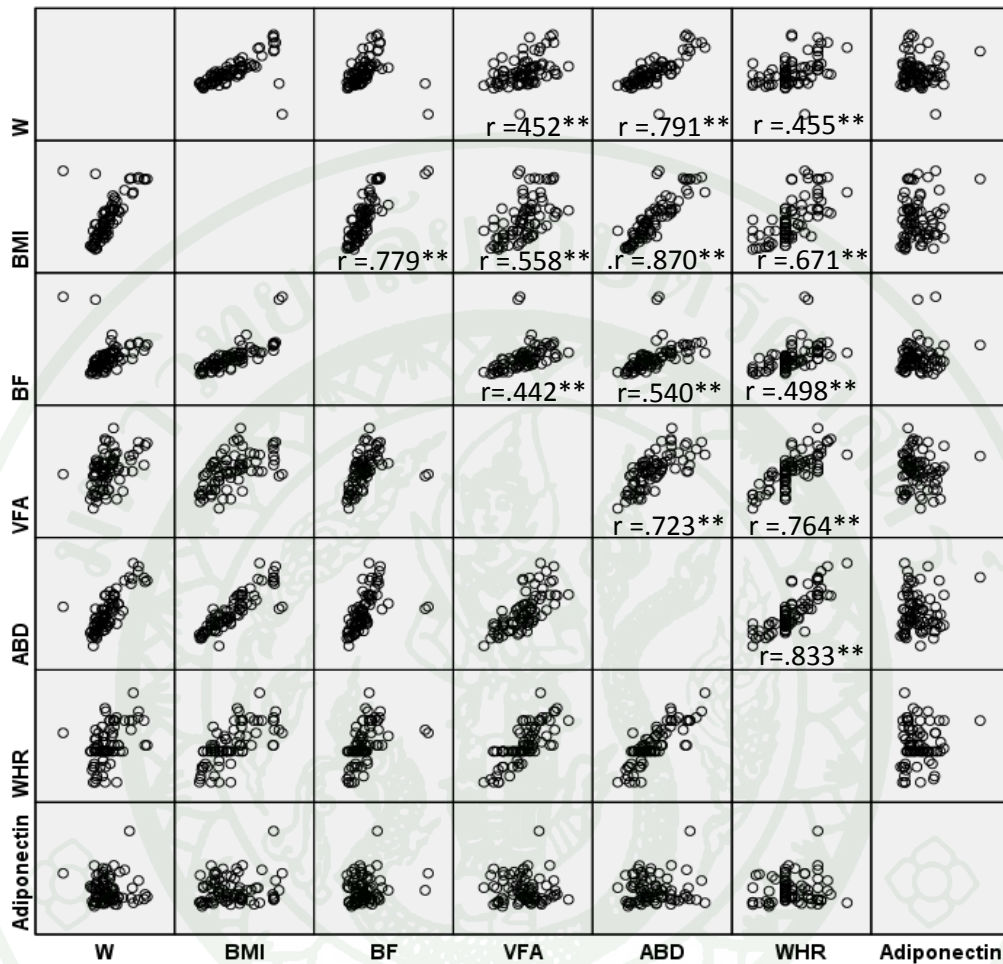


ตอนที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Adiponectin กับไขมันในร่างกาย ไขมันในเลือดและคลอเลสเตอรอล ด้วยสถิติความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation)

ตารางที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไขมันในร่างกายกับระดับ Adiponectin ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลอง

	ความสัมพันธ์	W	BMI	BF	VFA	ABD	WHR	Adiponectin
W	Pearson Correlation	1	.668**	.181	.452**	.791**	.445**	-.024
	Sig. (1-tailed)		.000	.057	.000	.000	.000	.418
BMI	Pearson Correlation		1	.779**	.558**	.870**	.671**	.122
	Sig. (1-tailed)		-	.000	.000	.000	.000	.144
BF	Pearson Correlation			1	.442**	.540**	.498**	.142
	Sig. (1-tailed)			-	.000	.000	.000	.108
VFA	Pearson Correlation				1	.723**	.764**	-.036
	Sig. (1-tailed)				-	.000	.000	.379
ABD	Pearson Correlation					1	.833**	.038
	Sig. (1-tailed)					-	.000	.371
WHR	Pearson Correlation						1	.094
	Sig. (1-tailed)						-	.207
Adiponectin	Pearson Correlation							1
	Sig. (1-tailed)							-

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01



ภาพที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Adiponectin กับไขมันในร่างกาย ไขมันในเลือด และ กลอเลสเตอรอล ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลอง

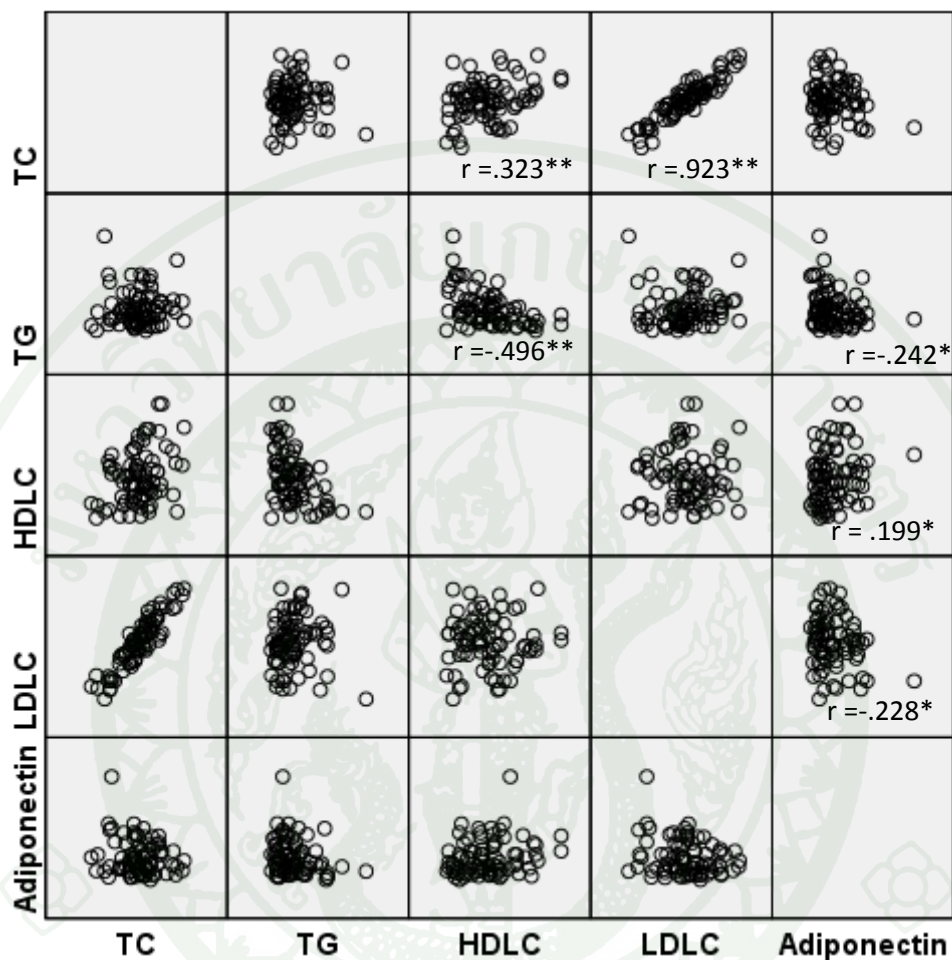
ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 39 คน (ตัดข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มทดลอง ที่มีระดับ triglyceride ออกนอกกลุ่มมากผิดปกติ (Outlier) ออกจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ) ในระยะก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง ได้ถูกนำมารวมกันเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (ตารางที่ 12 และภาพที่ 16) ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณไขมันในช่องท้อง รอบเอว และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก แปรผันตามน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายและปริมาณไขมันในช่องท้องแปรผันตามกับเส้นรอบเอว และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก ทั้งนี้ระดับ Adiponectin ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณไขมันในร่างกาย และปริมาณไขมันในช่องท้อง

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ **Adiponectin** กับระดับไขมัน  
ในเลือด และคอเลสเตอรอล ของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดในระยะก่อน  
และหลังการทดลอง

ความสัมพันธ์		Total Cholesterol	Triglyce - rides	HDL-C	LDL-C	Adiponectin
Total	Pearson Correlation	1	.033	.323**	.923**	-.184
Cholesterol	Sig. (1-tailed)		.387	.002	.000	.054
Triglycerides	Pearson Correlation	-	1	-.496**	.059	-.242*
	Sig. (1-tailed)			.000	.304	.016
HDL-C	Pearson Correlation	-	-	1	.025	.199*
	Sig. (1-tailed)				.415	.040
LDL-C	Pearson Correlation	-	-	-	1	-.228*
	Sig. (1-tailed)					.022
Adiponectin	Pearson Correlation	-	-	-	-	1
	Sig. (1-tailed)					

\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



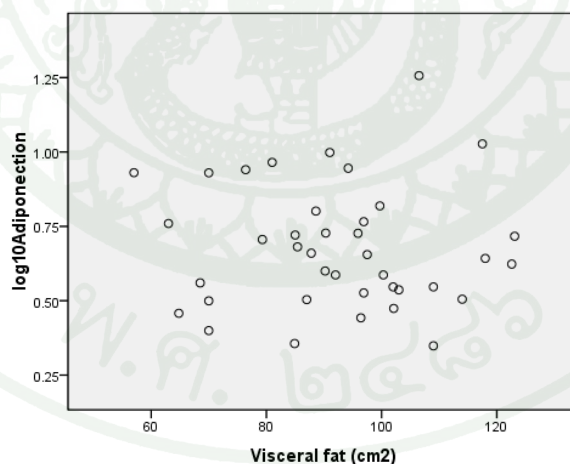
ภาพที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Adiponectin กับระดับไขมันในเลือด และคลอเรสเตอรอลของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลอง

จากตารางที่ 13 และภาพที่ 17 แสดงให้เห็นว่า ระดับ Adiponectin ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลองแปรผกผันกับ Triglycerides และ LDL-C ( $r = -.242$  และ  $r = -.228$  ตามลำดับ) แต่ระดับ Adiponectin แปรผันตามระดับ HDL-C อย่างไรก็ดีตามระดับความสัมพันธ์ที่พบนั้นค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ .199

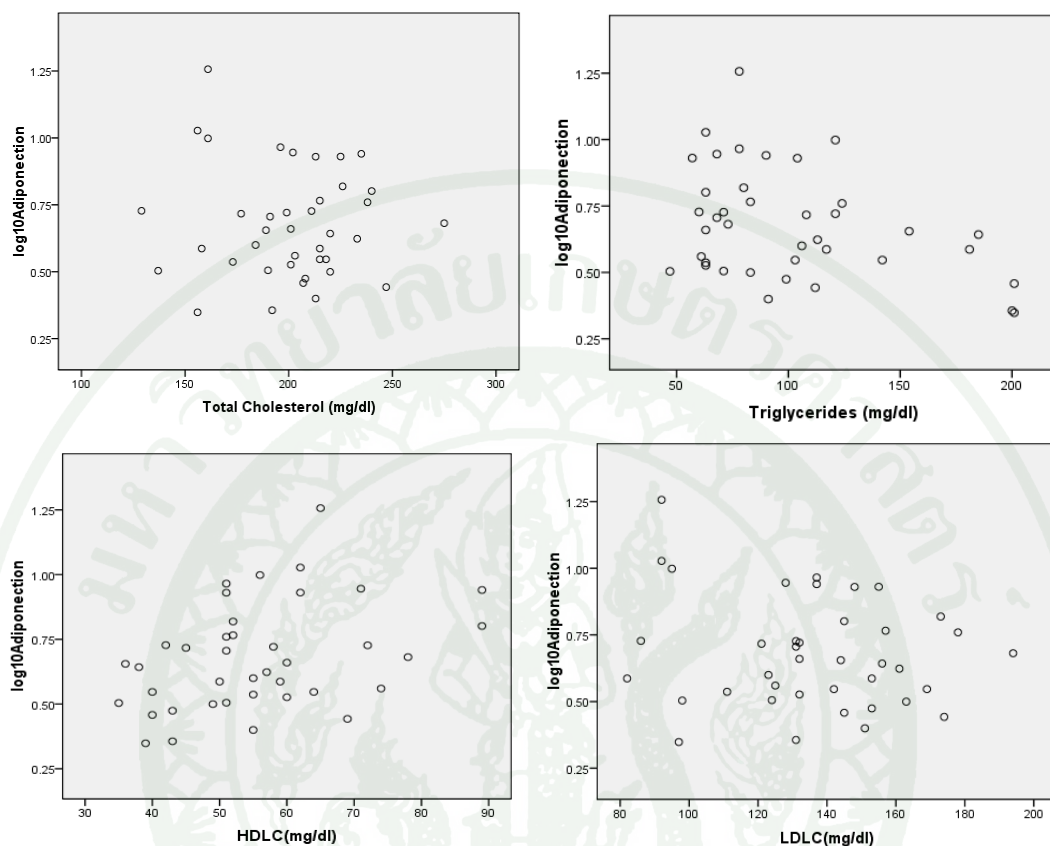
ตารางที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของไขมันในช่องท้อง(VFA) Total Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ในระยะก่อนการทดลอง

	$\log_{10}$ Adiponectin (จำนวน 39 ข้อมูล)	
	R	P-value
VFA (cm <sup>2</sup> )	.006	.486
Total Cholesterol (mg/dl)	-.150	.181
Triglyceride (mg/dl)	-.309	.028*
HDL-C (mg/dl)	.337	.018*
LDL-C (mg/dl)	-.264	.052

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากสถิติ Pearson Product Moment Correlation (1-tailed)



ภาพที่ 18 แผนภูมิกระจายของ  $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของไขมันในช่องท้อง (Visceral Fat) ในระยะก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม

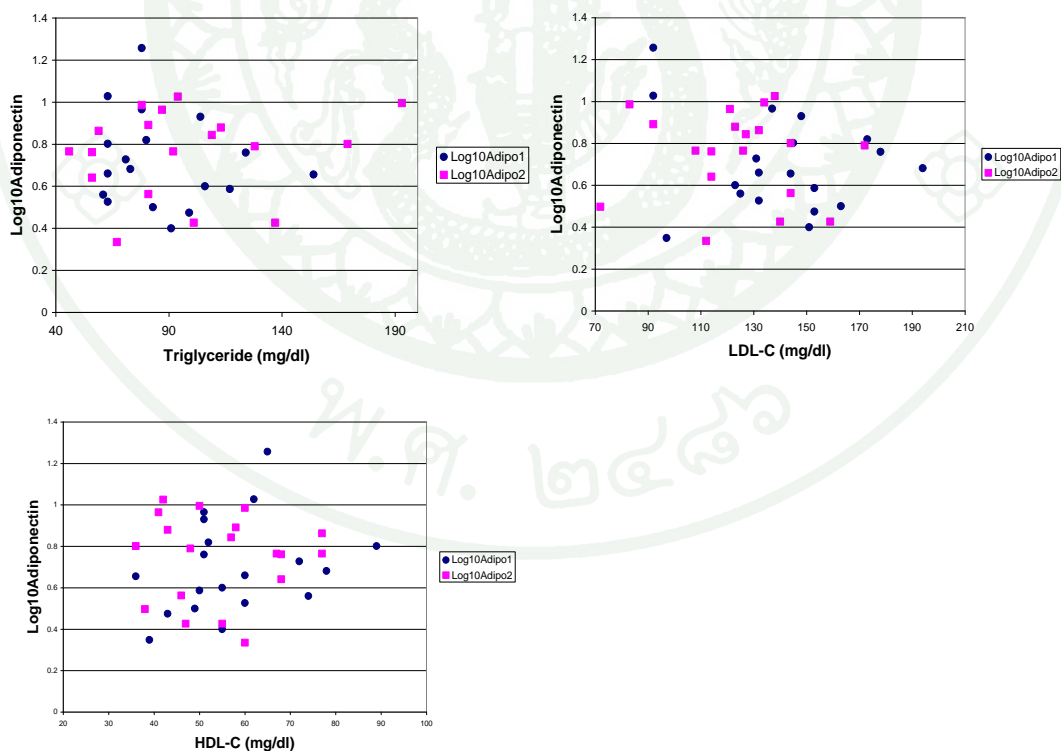


ภาพที่ 19 แผนภูมิกระจายของ  $\log_{10}$  Adiponection กับปริมาณของ Total Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C ในระยะก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม

เนื่องจากระดับ triglyceride ในระยะก่อนออกกำลังกายของกลุ่มทดลอง 1 คน ออกนอกกลุ่มมากผิดปกติ (Outlier) จึงไม่นำข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยคนดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งข้อมูลในระยะก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม (จำนวน 39 คน) ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (ตารางที่ 14) ระหว่าง  $\log_{10}$  Adiponection กับปริมาณของไขมันในช่องท้อง ไขมันในเลือดและคอเลสเตอรอลแล้ว พบว่า  $\log_{10}$  Adiponection ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของไขมันในช่องท้อง (ภาพที่ 18) คอเลสเตอรอล และ LDL-C ในเลือด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่า  $\log_{10}$  Adiponection มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ Triglycerides ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ  $-0.309$  แต่ระดับ  $\log_{10}$  Adiponection แปรผันตามกับปริมาณ HDL-C (ภาพที่ 19) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ  $.337$

ตารางที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของไขมันในช่องท้อง (VFA) Total Cholesterol Triglycerides LDL-C และ HDL-C ของกลุ่มทดลอง ในระยะก่อน และหลังการทดลอง

	$\log_{10}$ Adiponectin					
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		ก่อนการทดลองและ หลังการทดลอง	
	(จำนวน 19 ข้อมูล)		(จำนวน 19 ข้อมูล)		(จำนวน 38 ข้อมูล)	
	r	P-value	R	P-value	r	P-value
VFA (cm <sup>2</sup> )	.183	.226	.241	.160	.155	.177
Total Cholesterol (mg/dl)	-.166	.249	-.136	.289	-.168	.157
Triglyceride (mg/dl)	-.369	.060	-.132	.295	-.194	.122
HDL-C (mg/dl)	.286	.117	-.013	.479	.134	.211
LDL-C (mg/dl)	-.243	.158	-.063	.399	-.188	.129



ภาพที่ 20 แผนภูมิกระจายของ  $\log_{10}$ Adiponectin กับปริมาณของTriglycerides, LDL-C และ HDL-C ของกลุ่มออกกำลังกาย ในระยะก่อน (●) และหลังการทดลอง (■)

ข้อมูลในระยะก่อนและหลังการออกกำลังกายของกลุ่มทดลอง ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (ตารางที่ 15) แล้วพบว่า  $\log_{10}$  Adiponectin ไม่มีความสัมพันธ์กับไขมันในช่องท้อง ปริมาณของคอเลสเตอรอล triglycerides, LDL-C และ HDL-C



## วิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับ Adiponectin และไขมันในช่องท้องของผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 25-45 ปี มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกายมากกว่าร้อยละ 28 ของน้ำหนักตัว และมีค่าอัตราส่วนเส้นรอบเวทต่อเส้นรอบสะโพก มากกว่า 0.8 กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มเข้ากลุ่ม(Random assignment) จำนวน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน โดยให้ประกอบกิจวัตรประจำวันตามปกติ และสุ่มเข้ากลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน โดยให้ออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR นาน 45 นาที จากนั้นให้บริหารกล้ามเนื้อลำตัวโดยใช้ลูกบอลออกกำลังกาย จำนวน 8 ท่า ท่าละ 3 เซต เป็นระยะเวลา 30 นาที รวมระยะเวลาที่เข้าร่วมวิจัยทั้งสิ้น 16 สัปดาห์

### ผลของโปรแกรมออกกำลังกาย ที่มีต่อระดับไขมันในร่างกาย

การออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการออกกำลังกายโดยใช้ลูกบอลออกกำลังกาย เป็นระยะเวลานาน 16 สัปดาห์ ทำให้ดัชนีมวลกาย รอบเอว อัตราส่วนเส้นรอบเวทต่อเส้นรอบสะโพก เปรอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้องลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Miyatake *et al.* (2002) ที่พบว่า การออกกำลังกายด้วยการเดินอย่างน้อย 1000 ก้าวต่อวัน ช่วยลดดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลง รวมทั้งยังสอดคล้องกับ Yoshimura *et al.* (2011) ที่รายงานว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิก ด้วยการปั่นจักรยานหรือวิ่ง 60 นาทีต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทำให้ดัชนีมวลกาย เปรอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ปริมาณไขมันในช่องท้องลดลง ซึ่งผลการวิจัยที่ค้นพบในครั้งนี้แตกต่างกันที่ Green *et al.* (2004) รายงานว่า การปั่นจักรยาน ที่ความหนัก  $75\%VO_{2max}$  ไม่ทำให้ปริมาณไขมันในช่องท้องเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก กลุ่มตัวอย่างของ Green และคณะ ไม่ได้ทำการบริหารกล้ามเนื้อบริเวณลำตัว ซึ่งการลดการสะสมของไขมันตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจำเป็นต้องให้มีการบริหารร่างกายส่วนนั้น โดยเฉพาะไขมันที่สะสมอยู่ในช่องท้องนั้นเป็นไขมันที่สลายยาก การที่จะลดไขมันในบริเวณนี้ได้นั้นจะต้องทำการบริหารร่างกายส่วนลำตัวร่วมด้วย อีกทั้งต้องพิจารณาความหนักและระยะเวลาของการออกกำลังกายให้เหมาะสม ซึ่งการทดลองครั้งนี้ได้เพิ่มความหนักของการบริหารร่างกายส่วนลำตัวทุก 2 สัปดาห์ โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้อง ปฏิบัติท่าต่าง ๆ ด้วยจำนวนครั้งที่ยากขึ้น และปฏิบัติให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนดคือ 30 นาที เท่าเดิม ซึ่งหมายความว่า กลุ่มตัวอย่างจะต้องปฏิบัติตามการบริหารร่างกายด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามกลุ่มควบคุม

ที่อยู่ในภาวะน้ำหนักเกิน แล้วไม่ได้ออกกำลังกายนั้นจะมีปริมาณของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และไขมันในช่องท้องที่มากกว่ากลุ่มทดลองที่ได้เข้าโปรแกรมการออกกำลังกายอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า โปรแกรมการออกกำลังกายที่ให้กับ กลุ่มทดลองเหมาะสมและเพียงพอกับการลดปริมาณไขมันในร่างกาย โดยเฉพาะไขมันที่บริเวณ ช่องท้อง นอกจากนี้ในสัปดาห์ที่ 16 ของการทดลองนั้น กลุ่มควบคุมมีรอบเอวที่ใหญ่ขึ้น รวมทั้ง มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายและไขมันในช่องท้องเพิ่มขึ้น ในขณะที่น้ำหนักตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่า การที่ไม่ออกกำลังกายทำให้ส่วนประกอบของร่างกายมีการเปลี่ยนแปลง โดยทำให้มีไขมันในร่างกายเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีไขมันสะสมอยู่ที่บริเวณลำตัว และช่องท้องมากขึ้น

### ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับไขมันและคลอเรสเตอรอลในเลือด

การออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการออกกำลังกาย โดยใช้ลู่วิ่งออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ไม่สามารถเพิ่มระดับของ HDL-C ในเลือด ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่ได้พบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกไม่ช่วยเพิ่มระดับ HDL-C (Kim *et al.*, 2007; Green *et al.*, 2004; Stefanick *et al.*, 1998) ถึงแม้ว่าการออกกำลังกายที่ ให้ไม่สามารถลดระดับของ HDL-C ในเลือด แต่ HDL-C อาจมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างได้ ซึ่งต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไป อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการออกกำลังกายด้วยลู่วิ่งออกกำลังกายเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ช่วยลดระดับ Total Cholesterol และ LDL-C ในเลือดของกลุ่มทดลองได้อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีระดับ Total Cholesterol และ LDL-C เพิ่มขึ้นภายหลังสิ้นสุดการทดลอง 16 สัปดาห์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ ระดับคลอเรสเตอรอล และ LDL-C ในกลุ่มควบคุมนี้ไม่สัมพันธ์กับน้ำหนักตัว เนื่องจากน้ำหนักตัว ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 6) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขบวนการสลายคอเลสเตอรอลและLDL-C โดยตับของกลุ่มควบคุมลดลง อย่างไรก็ตามข้อมูลที่พบในครั้งนี้ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Abbass และคณะในปี ค.ศ.2010 พบว่าการออกกำลังกายโดยการเดิน weight training แบบ circuit-resistance exercise ทำให้ระดับ Total Cholesterol HDL-C และ LDL-C ลดลง รวมทั้งสอดคล้องกับ Lang *et al.* (2011) ได้รายงานว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิก ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ปริมาณไขมันในช่องท้อง และระดับ LDL-C

## ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับ Adiponectin

จากผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการบริหารกล้ามเนื้อลำตัวในงานวิจัยนี้ไม่สามารถเพิ่มระดับ Adiponectin ของกลุ่มทดลองได้อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายและปริมาณไขมันในช่องท้องจะลดลงก็ตาม ซึ่งขัดแย้งกับที่ Zoppini *et al.* (2005) พบว่า เมื่อให้คนอ้วนที่เป็นเบาหวานออกกำลังกายแบบแอโรบิก ด้วยความหนัก 50-70%HRR จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้ระดับของ Adiponectin เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามก็มีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่พบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกไม่สามารถเพิ่มระดับ Adiponectin ในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินได้ (Marell *et al.*, 2005; Yakoyama *et al.*, 2004; Nassis *et al.*, 2005)

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับ adiponectin ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ในสัปดาห์ที่ 16 พบว่า กลุ่มทดลองมีระดับ Adiponectin มากกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มควบคุม ซึ่งประกอบกิจวัตรประจำวันตามปกติ มีค่าเฉลี่ยของระดับ Adiponectin เท่ากับ  $4.49 \pm 2.17 \mu\text{g/ml}$  ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ให้ออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่ง ด้วยความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการบริหารกล้ามเนื้อลำตัว โดยใช้ลู่วิ่งออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยของระดับ Adiponectin เท่ากับ  $6.03 \pm 2.61 \mu\text{g/ml}$  ดังนั้นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการบริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง จึงน่าจะส่งผลให้ระดับ Adiponectin ในร่างกายเพิ่มขึ้นได้ ในทางตรงกันข้ามการไม่ออกกำลังกายกลับส่งผลให้ระดับ Adiponectin ลดลง

นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าระดับ Adiponectin ยังมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ Triglycerides และมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับระดับของ HDL-C ดังนั้นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของระดับ Adiponectin น่าจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของเนื้อเยื่อที่ควบคุมการสลายของ Triglycerides หรือการสร้าง HCL-C

## ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Adiponectin กับไขมันในร่างกาย ไขมันในเลือดและคอเลสเตอรอล

การวิจัยในครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Adiponectin กับไขมันในช่องท้อง ถึงแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะเป็นผู้ที่มีน้ำหนักเกินและมีปริมาณไขมันในช่องท้องมากก็ตาม รวมทั้งการออกกำลังกายจนทำให้ปริมาณไขมันในช่องท้อง ของกลุ่มทดลองในระยะก่อนออกกำลังกาย ( $90.80 \pm 16.28 \text{ ซม}^2$ ) ลดลงเหลือ ( $79.02 \pm 16.07 \text{ ซม}^2$ ) ในระยะหลังการทดลอง

ก็ไม่ได้ส่งผลให้เห็นว่าปริมาณของ Adiponectin กับไขมันในช่องท้องมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับที่ Degawa-Yamauchi *et al.* (2005) รายงานว่า Adiponectin mRNA ที่อยู่ภายในเซลล์ไขมันของช่องท้องไม่มีความสัมพันธ์กับระดับของ Adiponectin ในเลือด รวมทั้งปริมาณของ Adiponectin ในเลือด หรือการหลั่งของ Adiponectin จากเซลล์ไขมันนั้น ถูกควบคุมด้วยปัจจัยอื่นที่นอกเหนือจากการลดขนาดของเซลล์ไขมันที่เกิดจากการเผาผลาญพลังงานในขณะออกกำลังกาย อาทิเช่น กรดไขมัน (Kadowaki *et al.*, 2006) ระดับของ  $TNF\alpha$  (Degawa-Yamauchi *et al.*, 2002) เป็นต้น

ระดับ Adiponectin ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในระยะก่อนและหลังการทดลองแปรผกผันกับ Triglycerides และ LDL-C แต่ระดับ Adiponectin แปรผันตามระดับ HDL-C เมื่อพิจารณาข้อมูลเฉพาะในระยะก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณของ  $\log_{10}$  Adiponectin ในเลือดมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ Triglycerides ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ  $-0.309$  แต่  $\log_{10}$  Adiponectin แปรผันตามกับปริมาณ HDL-C ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ  $0.337$  ซึ่งสื่อให้เห็นว่า ปริมาณของ Adiponectin ในเลือดช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงป้องกันภาวะ Metabolic syndrome ได้ ดังที่ Shehzad และคณะ (2012) รายงานว่า Adiponectin สามารถลดปริมาณของ triglyceride และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของโรค Metabolic syndrome อย่างไรก็ตามภายหลังจากที่ออกกำลังกายไปแล้ว 16 สัปดาห์ กลับไม่พบว่า Adiponectin มีความสัมพันธ์กับปริมาณของ Triglycerides และ HDL-C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายมีจำนวนค่อนข้างน้อย (19 คน) แต่เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 19 นั้นพบว่า การออกกำลังกายไม่ได้ส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Adiponectin กับปริมาณของ Triglycerides เปลี่ยนแปลง (เครื่องหมาย ■ ในภาพที่ 20) นอกจากนี้การที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Adiponectin กับ HDL-C ภายหลังจากออกกำลังกายนั้น อาจเนื่องมาจากปริมาณของ HDL-C ลดลง ไม่ได้เพิ่มขึ้นหลังจากสิ้นสุดโปรแกรมออกกำลังกาย ในขณะที่ระดับ Adiponectin ในเลือดก็ไม่เปลี่ยนแปลง

### ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ควบคุมการบริโภคอาหาร ของกลุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม Christou และคณะ (2012) ได้รายงานว่าการรับประทานอาหารที่มีปริมาณของแคลอรีต่ำ ไม่ได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ adiponectin

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในอาสาสมัครเพศหญิง จำนวน 40 คน ที่มีอายุระหว่าง 25-45 ปี มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกายมากกว่าร้อยละ 28 ของน้ำหนักตัว และมีค่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก มากกว่า 0.8 โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 40 คน ถูกสุ่มเข้ากลุ่ม (Random assignment) จำนวน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน ที่ให้ประกอบกิจวัตรประจำวันตามปกติ และกลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ที่ให้ออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการออกกำลังกายโดยใช้ลู่วิ่งออกกำลังกายรวมทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อปริมาณไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง ไขมันในเลือด และระดับ adiponectin

การออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการออกกำลังกายโดยใช้ลู่วิ่งออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ทำให้ไขมันในช่องท้อง และไขมันในร่างกายลดลง รวมทั้งยังทำให้ระดับ Total Cholesterol และ LDL-C ลดลงด้วย

การให้กลุ่มทดลองออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ให้นาน 16 สัปดาห์ ไม่สามารถเพิ่มระดับ Adiponectin ในเลือดได้อย่างชัดเจน แต่เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของ Adiponectin ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองในสัปดาห์ที่ 16 พบว่า ระดับ Adiponectin ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกัน โดยระดับ Adiponectin ของกลุ่มควบคุมที่ให้ประกอบกิจวัตรประจำวันตามปกติ มีค่าน้อยกว่าระดับ Adiponectin ของกลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR นาน 45 นาที ร่วมกับการบริหารกล้ามเนื้อลำตัวโดยใช้ลู่วิ่งออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 30 นาที ดังนั้นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ความหนัก 80-90 %HRR ร่วมกับการบริหารกล้ามเนื้อหน้าท้องก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มระดับ Adiponectin ในร่างกายได้

ปริมาณของ Adiponectin ในเลือดมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ Triglycerides และ LDL-C แต่ปริมาณ Adiponectin แปรผันตามกับปริมาณ HDL-C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณของ Adiponectin ในเลือดช่วยลดปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงป้องกันภาวะ Metabolic syndrome ได้

### ข้อเสนอแนะ

การออกกำลังกายแบบแอโรบิก ด้วยการเดินบนลู่วิ่งที่ความหนัก 80-90%HRR ร่วมกับการออกกำลังกาย โดยใช้ลูกบอลออกกำลังกาย นาน 30 นาที เป็นระยะเวลานาน 16 สัปดาห์ ทำให้ดัชนีมวลกาย รอบเอว อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก เปอร์เซ็นต์ไขมัน ในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง ระดับ total cholesterol LDL-C และadiponectin ลดลง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการให้โปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับป้องกันและรักษาโรคของผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน หรือผู้ป่วยเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือด และโรคหัวใจ เป็นต้น

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลพรรณณ์ เมฆวรรวูฒิ และ อัมพร ชัยศิริรัตน์. 2538. **คลินิกคนอ้วน**. สำนักพิมพ์ศิลปะวรรณกรรม, กรุงเทพฯ.

กัลยา กิจบุญชู. 2546. **ข้อแนะนำการออกกำลังกายสำหรับคนอ้วน**. กองออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

วิชัย เอกพลากร ถัดดา เหมาะสุวรรณ นิชรา เรืองคารกานนท์ ปราณิ ชาญณรงค์ภาสุรี แสงศุภสนิข วราภรณ์ เสถียรนพเก้า ศักดา พริงลำภู หทัยชนก พรรคเจริญ และ สุรัตน์ เบจพลพิทักษ์. 2552. **การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์เดอะกราฟิโก ซิสเต็มส์ จำกัด, นนทบุรี.

วิชัย เอื้อสียาพันธุ์. 2545. **ชีวเคมีทางการแพทย์**. สำนักพิมพ์บุ๊คเน็ทจำกัด, กรุงเทพฯ.

สุนีย์ สหัสโพธิ์. 2543. **ชีวเคมีทางโภชนาการ**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

Abbass, G. N., S. Marziyeh and H. Mehdi. 2010. A single session of circuit-resistance exercise effects on human peripheral blood lymphocyte ABCA1 expression and plasma HDL-C level. **Regulatory Peptides** 166: 42-47.

Arita, Y., S. Kihara, N. Ouchi, M. Takahashi, K. Maeda, J. Miyagawa, K. Hotta, I. Shimomura, T. Nakamura, K. Miyaoka, H. Kuriyama, M. Nishida, S. Yamashita, K. Okubo, K. Matsubara, M. Muraguch, Y. Ohmoto, T. Funahashi and Y. Matsuzawa. 1999. Paradoxical decrease of an adipose-specific protein adiponectin in obesity. **Biochem Biophys.** 257 (1): 79-83.

- Bobbert, T., U. Wegewitz, L. Brechtel, M. Freudenberg, K. Mail, M. Mohlig<sup>1</sup>, S. Diederich, M. Ristow, H. Rochlitz, A. F. H. Pfeiffer and J. Spranger. 2007. Adiponectin oligomers in human during acute and chronic exercise: relation to lipid metabolism and insulin sensitivity. *Physiology & Biochemistry* 28: 1-8.
- Chang, L. C., H. C. Kuo, W. W. Yen, K. L. N. Hsien, C. L. Chi, L. P. Ling, H. J. Juey and Y. S. Wei. 2009. The clinical implications of blood adiponectin in cardiometabolic disorders. **Journal of the Formosan Medical Association** 108: 353-365.
- Christou, G. A., C. C. Tellis, M. S. Elisaf, A. D. Tselepis and D. N. Kiortsis. 2012. High density lipoprotein is positively correlated with the changes in circulating total adiponectin and high molecular weight adiponectin during dietary and fenofibrate treatment. **Hormones** 11(2):178-188.
- Cnop, M., P. J. Havel, K. M. Utzschneider, D. B. Carr, M. K. Sinha, E. J. Boyko, B. M. Retzlaff, R. H. Knopp, J. D. Brunzell and S. E. Kahn. 2003. Relationship of adiponectin to body fat distribution, insulin sensitivity and plasma lipoproteins: evidence for independent roles of age and sex. **Diabetologia** 46 (4): 459-69.
- Damcott, CM., S. H. Ott, T. I. Pollin, L. J. Reinhart, J. Wang, J. R. Oconnell, B. D. Mitchell and A. R. Shuldiner. 2005. Genetic variation in adiponectin receptor 1 and adiponectin receptor 2 is associated with type 2 diabetes in the old order Amish. **Diabetes** 54(7): 2245-2450.
- Degawa-Yamauchi, M., K. A. Moss, J. E. Bovenkerk, S. S. Shankar, C. L. Morrison, C. J. Lelliott, A. Vidal-Puig, R. Jones and R. Considine. 2005. Regulation of adiponectin expression in human adipocytes: effects of adiposity, glucocorticoids, and tumor necrosis factor alpha. **Obesity Research** 13: 662-669.

- Garekani, E. T., H. Mohebbi, R. R. Kraemer and R. Fathi. 2011. Exercise training intensity/volume affects plasma and tissue adiponectin concentrations in the male rat. **Peptides** 32: 1008-1012.
- Giannessi, M. and S. D. Maltinti. 2007. Adiponectin circulating levels: a new emerging biomarker of cardiovascular risk. **Pharmacological** 56: 459-467.
- Green, J. S., P. R. Stanforth, T. Rankinen, A. S. Leon, D. D. Rao, J. S. Skinner, C. Bouchard and J. H. Wilmore. 2004. The effects of exercise training on abdominal visceral fat, body composition and indicators of the metabolic syndrome in postmenopausal women with and without estrogen replacement therapy: the heritage family study. **Metabolism** 53: 1192-1196.
- Houmard, J. A., N. J. Bruno, R. K. Bruner, M. R. McCammon, R. G. Israel and H. A. Barakat. 1994. Effect of exercise training on the chemical composition of plasma LDL. **Arteriosclerosis and Thrombosis** 14: 325-330.
- Hu, E., P. Liang and B. M. Spiegelman. 1996. AdipoQ is a novel adipose-specific gene dysregulated in obesity. **Journal of Biological Chemistry** 271: 10697-10703.
- Janssen, I., S. B. Heymsfield, D. B. Allison, D. P. Kotler and R. Ross. 2002. Body mass index and waist circumference independently contribute to the prediction of nonabdominal abdominal subcutaneous, and visceral fat. **American Society for Clinical Nutrition** 75: 683-688.
- Jorde, U. P., P. C. Colombo, K. Ahuja, A. Hudaihed, D. Onat, T. Diaz, D. S. Hirsh, E. A. Fisher, C. H. Tseng and T. J. Vittorio. 2007. Exercise-induced increases in oxidized low-density lipoprotein are associated with adverse outcomes in chronic heart failure. **Journal of Cardiac Failure** 13: 759-764.

Kadowaki, T., T. Yamauchi, N. Kubota, K. Hara, K. Ueki and K. Tobe. 2006. Adiponectin and adiponectin receptors in insulin resistance diabetes, and the metabolic syndrome. **Journal of Clinical Investigation** 116 (7) :1784-92.

Kazumi, T., A. Kawaguchi, T. Hirano and G. Yoshino. 2004. Serum adiponectin is associated with high-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, and low-density lipoprotein particle size in young healthy men. **Metabolism** 53 (5): 589 - 593.

Kelley, G. A., K. S. Kelley and Z. V. Tran. 2004. Aerobic exercise and lipids and lipoproteins in women: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of Women Health** 10: 1148-1164.

Kim, E.S., J. A. Im, K. C. Kim, J. H. Park, S. H. Suh, E. S. Kang, S. H. Kim, Y. Jekal, C. W. Lee, Y. J. Yoon, H. C. Lee and J.Y Jeon. 2007. Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. **Obesity** 15: 3023-3030.

Laaksonen, D. E., M. Atalay, L. K. Niskanen, J. Mustonen, C. K. Sen, T. A. Lakka and M. I. Uusitupa. 2000. Aerobic exercise and the lipid profile in type 1 diabetic man: A randomized controlled trial. **Medicine and Science in Sports and Exercise** 32: 1541-1548.

Lang, H. F., C. Y. Chou, W. H. H. Sheu and J. Y. Lin. 2011. Weight loss increased serum adiponectin but decreased lipid levels in obese subjects whose body mass index was lower than 30 kg/m<sup>2</sup>. **Nutrition Research** 31: 378-386.

Laughlin, G. A., E. Barrett-Connor, S. May and C. Langenberg. 2006. Association of adiponectin with coronary heart disease and mortality the rancho bernardo study. **American Journal of Epidemiology** 165 : 164-174.

- Marcell, T. J., K. A. McAuley, T. Traustadóttir and P. D. Reaven. 2005. Exercise Training is not associated with improved levels of c-reactive protein or adiponectin. **Metabolism** 54 (4): 533-541.
- Miyatake, N., H. Nishikawa, A. Morishita, M. Kunitomi, J. Wada, H. Suzuki, K. Takahashi, H. Makino, S. Kira and M. Fujii. 2002. Daily walking reduces visceral adipose tissue areas and improves insulin resistance in Japanese obese subjects. **Diabetes Research and Clinical Practice** 58: 101-107
- Moran, C. N., N. D. Barwell, D. Malkova, S. J. Cleland, I. McPhee, C. J. Packard, V. A. Zammit and J. M. R. Gill. 2009. Effects of diabetes family history and exercise training on the expression of adiponectin and leptin and their Receptors. **Metabolism Clinical and Experimental** 60: 206-214.
- Nassis, G. P., K. Papantakou, K. Skenderi, M. Triandafilopoulou, S. A. Kavouras, M. Yannakoulia, G. P. Chrousos and L. S. Sidossis . 2005. Aerobic exercise training improves insulin sensitivity without changes in body weight, body fat, adiponectin, and inflammatory markers in overweight and obese girls. **Metabolism Clinical and Experimental** 54: 1472-1479.
- Nguyen-Duy, T., M. Nichaman, T. Church, S. Blair and R. Rebert. 2003. Visceral fat and liver fat are independent predictors of metabolic risk factors in men. **American Physiological Society** 284: E1065-E1071.
- Numao, S., Y. Katayama, Y. Hayashi, T. Matsuo and K. Tanaka. 2011. Influence of acute aerobic exercise on adiponectin oligomer concentrations in middle-aged abdominally obese men. **Metablism Clinical and Experimental** 60: 186-194.
- Putz , D. M., W. S. Goldner, R. S. Bar, W. G. Haynes and W. I. Sivitz . 2004. Adiponectin and c-reactive protein in obesity type 2 diabetes and monodrug therapy. **Metabolism** 53 (11): 1454-1461.

- Shehzad, A., W. Iqbal, O. Shehzad and Y. S. Lee. 2012. Adiponectin: regulation of its production and its role in human diseases. **Hormones** 11(1):8-20.
- Shimada, K., T. Miyazaki and H. Daida. 2003. Adiponectin and atherosclerotic disease. **Clinica Chimica** 344 : 1-12.
- Solomon, T. P., C. M. Marchetti, R. K. Krishnan, F. k. Gonzalez and J. P. Kirwan. 2008. Effect of aging on basal fat oxidation in obese humans. **Metabolism Clinical and Experimental** 57: 1141-1147.
- Staiger, H., O. Tschritter, J. Machann, C. Thamer, A. Fritsche, E. Maerker, F. Schick, H. Haring and M. Stumvoll. 2003. Relationship of serum adiponectin and leptin concentrations with body fat distribution in humans. **Obesity Research** 11: 368-376.
- Stefanick, M. L, S. Mackey, M. Sheehan, M. Ellsworth, W. Haskell and P. Wood. 1998. Effects of diet and exercise in men and postmenopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. **Journal of Medicine** 339: 12-20.
- World Health Organization. 2000. Obesity: preventing and managing the global epidemic report of a WHO consultation. **WHO Technical Report Series No. 894**.
- Yamamoto, Y., H. Hirose, I. Saito, K. Nishikai and T. Saruta. 2004. Adiponectin an adipocyte-derived protein, predicts future insulin resistance: two-year follow-up study in Japanese population. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism** 89 (1): 87-90.
- Yamauchi, T., J. Kamon, Y. Minokoshi, Y. Ito, H. Waki, S. Uchida, S. Yamashita, M. Noda, S. Kita, K. Ueki, K. Eto, Y. Akanuma, P. Froguel, F. Foufelle, P. Ferre, D. Carling, S. Kimure, R. Nagai, B. B. Kahn and T. Kadowaki. 2002. Adiponectin stimulates glucose utilization and fatty-acid oxidation by activating AMP-activated protein kinase. **Nature Medicine** 8: 1288-1295.

Yatagai, T., S. Nagasaka, A. Taniguchi, M. Fukushima, T. Nakamura, A. Kuroe, Y. Nakai and S. Ishibashi. 2003. Hypoadiponectinemia is associated with visceral fat accumulation and insulin resistance in Japanese men with type 2 diabetes mellitus. **Metabolism** 52: 1274-1278.

Yokoyama, H., M. Emoto, T. Araki, S. Fujiwara, K. Motoyama, T. Morioka, H. Koyama, T. Shoji, Y. Okuno and Y. Nishizawa. 2004. Effect of aerobic exercise on plasma adiponectin levels and insulin resistance in type 2 diabetes. **Diabetes Care** 27: 1756-1758.

Yoshimura, E., H. Kumahara, T. Tobina, M. Ayabe, S. Matono, K. Anzai, Y. Higaki, A. Kiyonaga and H. Tanaka. 2011. A 12-week aerobic exercise program without energy restriction improves intrahepatic fat, liver and atherosclerosis-related factors. **Obesity Research and Clinical Practice** 5: e249-e257.

Ziogas, G. G., T. R. Thomas and W. S. Harris. 1997. Exercise training postprandial hypertriglyceridemia and LDL subfraction distribution. **Medicine and Science in Sports and Exercise** 29: 986-991.

Zoppini, G., G. Targher, C. Zamboni, C. Venturi, V. Cacciatori, P. Moghetti and M. Muggeo. 2005. Effects of moderate-intensity exercise training on plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction in older patients with type 2 diabetes. **Nutrition Metabolism & Cardiovascular Diseases** 16:543-549.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก  
หนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัยและแบบประเมินสุขภาพ พฤติกรรม  
และความพร้อมของกลุ่มตัวอย่าง



หนังสือยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ

(Informed Consent Form)

ชื่อ โครงการ ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับของ Adiponectin และปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดในผู้หญิงที่อยู่ในภาวะอ้วน

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร.ศิริพร ศศิสมณฑลกุล ดร.จินตนา ศิริวรราชัย และ นางสาวนุชชา ภูมั่ง

\*ชื่อผู้เข้าร่วมการวิจัย .....

อายุ..... เลขที่เวชระเบียน .....

คำยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว ..... ได้ทราบ

รายละเอียดของโครงการวิจัยตลอดจนประโยชน์ และข้อเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อข้าพเจ้าจากผู้วิจัยแล้วอย่างชัดเจน ไม่มีสิ่งใดปิดบังซ่อนเร้นและยินยอมให้ทำการวิจัยในโครงการที่มีชื่อข้างต้น และข้าพเจ้ารู้ว่าถ้ามีปัญหาหรือข้อสงสัยเกิดขึ้นข้าพเจ้าสามารถสอบถามผู้วิจัยได้ และข้าพเจ้าสามารถไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการรักษาที่ข้าพเจ้าพึงได้รับ นอกจากนี้ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับและจะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น

ลงชื่อ..... (ผู้เข้าร่วมการวิจัย)

..... (พยาน)

คำอธิบายของแพทย์หรือผู้วิจัย

ข้าพเจ้าได้อธิบายรายละเอียดของโครงการ ตลอดจนประโยชน์ของการวิจัย รวมทั้งข้อเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบแล้วอย่างชัดเจน โดยไม่มีสิ่งใดปิดบังซ่อนเร้น

ลงชื่อ..... (ผู้วิจัย)

วันที่.....

## แบบประเมินสุขภาพ พฤติกรรมและความพร้อมของกลุ่มตัวอย่าง

ชื่อ-นามสกุล ..... ที่อยู่ .....

อีเมลล์ ..... โทรศัพท์ .....

### 1. ประวัติทางการแพทย์

- 1.1 มีผู้ชายที่เป็นญาติสายตรงมีกล้ามเนื้อหัวใจตายหรือเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจ  
ก่อนอายุ 55 ปี
- พ่อ       พี่ชาย/น้องชาย       ลูกชาย       ไม่มี
- 1.2 มีผู้หญิงที่เป็นญาติสายตรงมีกล้ามเนื้อหัวใจตายหรือเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจ  
ก่อนอายุ 65 ปี
- แม่       พี่สาว/น้องสาว       ลูกสาว       ไม่มี
- 1.3 ท่านได้รับการผ่าตัดอะไรบ้าง
- หลัง       หัวใจ       ข้อต่อ       คอ
- อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

### 3. ภาวะสุขภาพ

- 3.1 ท่านเคยได้รับการวินิจฉัยว่ามีปัญหาทางสุขภาพหรือโรคเรื้อรังเหล่านี้หรือไม่  
(เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- ความดันโลหิตสูง       ระยะเวลาเบาหวาน
- เบาหวานประเภทที่ 1       เบาหวานประเภทที่ 2
- โรคหัวใจ       หลอดเลือดสมอง
- กระดูกพรุน       ข้ออักเสบ
- โรคมะเร็ง       อื่น ๆ .....
- ไม่มี/ไม่เคย
- 3.2 ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมาท่านใช้ยาอะไรบ้าง (เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- ยาควบคุมระดับน้ำตาล       ยาโรคหัวใจ
- ยาลดไขมัน       ยาควบคุมความดันโลหิต
- อื่น ๆ ระบุ .....

#### 4. พฤติกรรมการเคลื่อนไหวออกแรง/ออกกำลังกาย

4.1 กิจกรรมการออกกำลังกายที่ท่านทำ 1. .... 2. .... 3. ....

4.2 โดยปกติท่านออกกำลังกาย เฉลี่ยกี่วันต่อสัปดาห์

① ไม่เคย/นาน ๆ ครั้ง                      ② 1วัน/สัปดาห์                      ③ 2-3วัน/สัปดาห์

④ 4-5วัน/สัปดาห์                      ⑤ 6-7 วัน/สัปดาห์

เฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายต่อวัน

①  $\leq 10$  นาที/วัน                      ② 20 นาที/วัน                      ③ 30 นาที/วัน

④ 45 นาที/วัน                      ⑤  $\geq 60$  นาที/วัน

4.3 โดยปกติท่าน ฝึกอบรม หรือ เดิน เพื่อไปทำงานหรือไปธุระ เฉลี่ยกี่วันต่อสัปดาห์

① ไม่เคย/นาน ๆ ครั้ง                      ② 1วัน/สัปดาห์                      ③ 2-3วัน/สัปดาห์

④ 4-5วัน/สัปดาห์                      ⑤ 6-7 วัน/สัปดาห์

เฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรมหรือเดิน เพื่อไปทำงานหรือไปธุระต่อวัน

①  $\leq 10$  นาที/วัน                      ② 20 นาที/วัน                      ③ 30 นาที/วัน

④ 45 นาที/วัน                      ⑤  $\geq 60$  นาที/วัน

4.4 โดยปกติท่าน ทำงานบ้าน และงานอาชีพ เฉลี่ยกี่วันต่อสัปดาห์

① ไม่เคย/นาน ๆ ครั้ง                      ② 1วัน/สัปดาห์                      ③ 2-3วัน/สัปดาห์

④ 4-5วัน/สัปดาห์                      ⑤ 6-7 วัน/สัปดาห์

เฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการทำงานบ้านและงานอาชีพต่อวัน

①  $\leq 10$  นาที/วัน                      ② 20 นาที/วัน                      ③ 30 นาที/วัน

④ 45 นาที/วัน                      ⑤  $\geq 60$  นาที/วัน

## 5. พฤติกรรมการกิน

จากสเกล 1-5 1 หมายถึง กินน้อยที่สุด/นาน ๆ ครั้ง และ 5 หมายถึง กินมากที่สุด/บ่อยที่สุด  
ให้กากบาทเลข 1-5 ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการกินของท่านในปัจจุบัน

- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. อาหารกลุ่มข้าว-แป้ง ประเภทข้าวกล้อง ข้าวขัดสีน้อย<br>ข้าวโพด ขนมปังโฮลวีท            | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 2. อาหารกลุ่มผัก  | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 3. อาหารกลุ่มผลไม้  | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 4. อาหารกลุ่มเนื้อสัตว์ที่ไม่ติดมัน เช่น ปลา เนื้อไก่<br>ไม่ติดหนัง เต้าหู้ขาว ไข่ขาว   | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 5. อาหารประเภทหวานจัด เช่น ขนมหวาน ขนมเชื่อม<br>ไอศกรีม ลูกอม ช็อคโกแลต                 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 6. อาหารคาวรสหวานนำ เช่น หมูหวาน กุนเชียง หมูหยอง                                       | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 7. การเติมน้ำตาล  | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 8. เครื่องดื่มรสหวาน เช่น น้ำผลไม้/น้ำสมุนไพรรสหวาน<br>นมปรุงแต่งรสต่าง ๆ น้ำอัดลม กาแฟ | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 9. เครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ เช่น เหล้า เบียร์ ไวน์                                    | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 10. อาหารประเภททอด/อาหารที่ใส่กะทิ  | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 11. กินอาหารมัน ๆ เช่น หมูสามชั้น ไข่ทอดหนัง ไข่กรอก<br>เบคอน แฮม ไข่กรอกอีสาน ไข่อั่ว  | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 12. อาหารที่ใส่เนย มาการีน เบเกอรี่ทุกชนิด  | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 13. อาหารที่มีรสเค็ม หรืออาหารแปรรูปต่าง ๆ เช่น เนื้อเค็ม<br>หมูเค็ม ปลาเค็ม หอยดอง     | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 14. ผลไม้แปรรูปอื่น ๆ เช่น กวน แยม ดอง  | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 15. การเติมน้ำปลาก่อนชิมอาหาร   | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |

## 6. ความพร้อมและการสนับสนุน

ให้กากบาท สเกลตัวเลข 1-10 ที่สอดคล้องกับตัวท่าน

1. จากสเกล 1-10 1 หมายถึง น้อยที่สุด และ 10 มากที่สุด “มีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใดที่ท่านจะเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของตนเอง โดยเพิ่มการเคลื่อนไหวออกแรง/ ออกกำลังกาย และกินอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ”
 

①    ②    ③    ④    ⑤    ⑥    ⑦    ⑧    ⑨    ⑩
2. จากสเกล 1-10 1 หมายถึง การสนับสนุนน้อยที่สุด และ 10 หมายถึงมากที่สุด “ครอบครัวหรือเพื่อนของท่านจะให้การสนับสนุนมากน้อยเพียงใด ถ้าพวกเขาทราบว่าท่านกำลังพยายามเคลื่อนไหวออกแรง/ออกกำลังกายเพิ่มขึ้น และกินอาหารที่มีประโยชน์”
 

①    ②    ③    ④    ⑤    ⑥    ⑦    ⑧    ⑨    ⑩
3. จากสเกล 1-10 เลข 1 หมายถึง ความต้องการน้อยที่สุด และเลข 10 มากที่สุด “ท่านต้องการการสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขมากน้อยเพียงใด ถ้าท่านตัดสินใจที่จะเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตตนเองโดยการเริ่มเคลื่อนไหวออกแรง/ออกกำลังกาย และการกินอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ”
 

①    ②    ③    ④    ⑤    ⑥    ⑦    ⑧    ⑨    ⑩



ภาคผนวก ข  
ใบบันทึกผลการทดสอบ

## แบบบันทึกการทดสอบ

ชื่อ-นามสกุล.....เบอร์โทร.....  
 อายุ.....ปี.....เดือน ชีพจรขณะพัก.....ครั้ง/นาที ชีพจรสำรอง.....ครั้ง/นาที  
 ความดันโลหิต.....มม.ปรอท

รายการ/วัน เดือน ปี	ครั้งที่ 1 ...../...../.....	ครั้งที่ 2 ...../...../.....
น้ำหนักตัว (กก.)		
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )		
รอบเอว (ซม.)		
รอบสะโพก (ซม.)		
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก		
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%)		
ไขมันในช่องท้อง (ซม. <sup>2</sup> )		
Total Cholesterol (mg/dl)		
Triglycerides (mg/dl)		
HDL-C (mg/dl)		
LDL-C (mg/dl)		
ระดับ Adiponectin ( $\mu\text{g/ml}$ )		



ภาคผนวก ค

วิธีการออกกำลังกายด้วยลูกบอล วิธีการออกกำลังกายด้วยลูกบอลออกกำลังกาย

วิธีการวัดองค์ประกอบของร่างกาย

## วิธีการออกกำลังกายด้วยลู่วิ่ง

### อุปกรณ์

1. ลู่วิ่ง (Treadmill)
2. อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบคาดหน้าอก

### วิธีการ

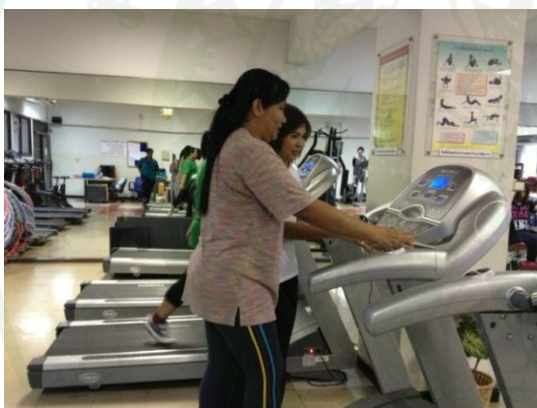
คำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายในการออกกำลังกาย จากวิธีของ Karvonen (Heyward, 1998) ทั้งนี้ได้กำหนดความหนักเริ่มต้นในสัปดาห์แรกของการออกกำลังกายที่ 80% ของ HRR (Heart Rate Reserve)

$$\text{THR} = [80-90\% \times (\text{HRmax} - \text{HRrest})] + \text{HR rest}$$

โดย THR คือ อัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (ครั้งต่อนาที)  
 HRrest คือ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)  
 HRmax คือ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด คำนวณจากสมการ  
 $\text{HRmax} = 220 - \text{อายุ (ครั้งต่อนาที)}$

ให้กลุ่มตัวอย่างคาดอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจที่หน้าอก และให้เดินบนลู่วิ่งนาน 10 นาที จากนั้นผู้วิจัยจะทำการปรับความเร็วของลู่วิ่งเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย ที่กำหนดไว้แล้วให้กลุ่มตัวอย่างเดินที่ความหนักเริ่มต้น คือ 80%HRR นาน 45 นาที ทั้งนี้จะทำการปรับความหนักของการออกกำลังกายให้เท่ากับ 90 %HRR ในสัปดาห์ที่ 3-16 ดังนี้

ระยะเวลาการฝึก	ความหนักที่ให้	ระยะเวลาการฝึก	ความหนักที่ให้
week 1	80%HRR	week 9	90%HRR
week 2	80%HRR	week 10	90%HRR
week 3	90%HRR	week 11	90%HRR
week 4	90%HRR	week 12	90%HRR
week 5	90%HRR	week 13	90%HRR
week 6	90%HRR	week 14	90%HRR
week 7	90%HRR	week 15	90%HRR
week 8	90%HRR	week 16	90%HRR



ภาพผนวกที่ ค1 แสดงอุปกรณ์ และการเดินบนลู่วิ่ง

## วิธีการออกกำลังกายด้วยลูกบอลออกกำลังกาย

### อุปกรณ์

1. เบาะโยคะ
2. ลูกบอลออกกำลังกาย

### วิธีการ

ให้กลุ่มตัวอย่างทำการยืดเหยียดร่างกาย โดยใช้ลูกบอลออกกำลังกายประกอบการออกกำลังกายจำนวนทั้งหมด 8 ท่า โดยให้ปฏิบัติท่าละ 8 ครั้ง และปรับความหนักของการออกกำลังกายให้เพิ่มขึ้น โดยให้ปฏิบัติด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มภายใน เวลา 30 นาที ทุก 2 สัปดาห์ จนครบ 16 สัปดาห์ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายด้วยลูกบอลนานประมาณ 30 นาที

ระยะเวลาการฝึก	จำนวนครั้ง	ระยะเวลาการฝึก	จำนวนครั้ง
week 1	8	week 9	16
week 2	8	week 10	16
week 3	10	week 11	18
week 4	10	week 12	18
week 5	12	week 13	20
week 6	12	week 14	20
week 7	14	week 15	22
week 8	14	week 16	22

## ขั้นตอนอบอุ่นร่างกาย

การอบอุ่นร่างกายประกอบไปด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัวเป็นระยะเวลาานาน 5 นาที  
 ดังแสดงในภาพผนวกที่ ค2 และภาพผนวกที่ ค3



ภาพผนวกที่ ค2 ทำยืดเหยียดกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้าง



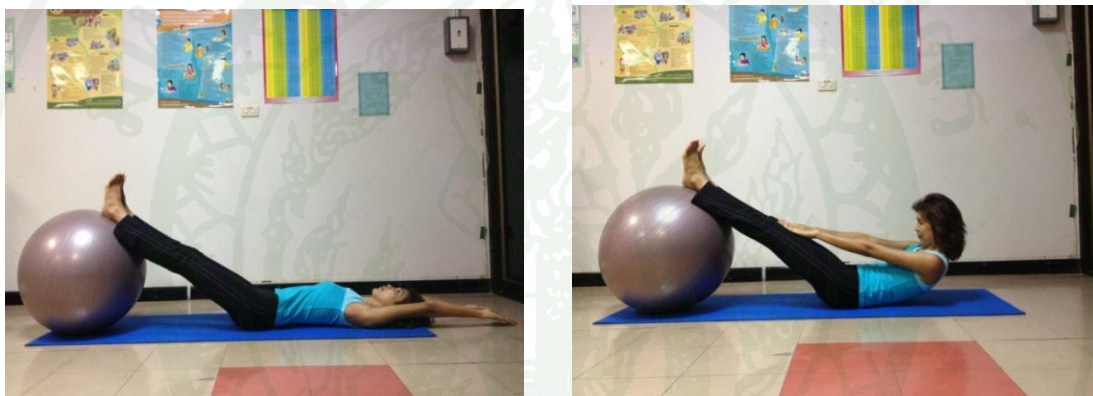
ภาพผนวกที่ ค3 ทำยืดเหยียดกล้ามเนื้อหน้าท้องและหลัง

## ขั้นตอนการออกกำลังกายด้วยลูกบอลออกกำลังกาย

ท่าออกกำลังกายด้วยลูกบอลออกกำลังกายมีทั้งสิ้น 8 ท่า ดังนี้

### ท่าที่ 1 บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง (sit-up)

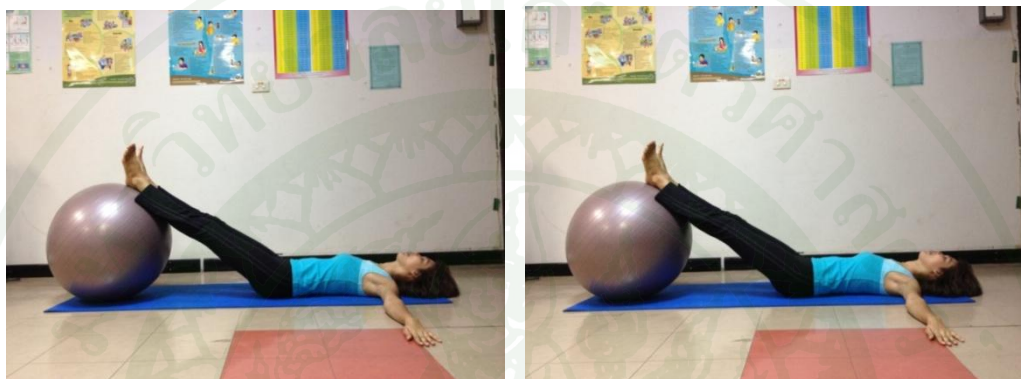
การปฏิบัตินอนหงาย ยกขาทั้ง 2 ข้างเหยียดตรง วางส้นเท้าไว้บนลูกบอล เหยียดแขนทั้ง 2 ข้างเหนือศีรษะและวางมือบนพื้น หายฝ่ามือ เกร็งต้นขา เขม่วท้อง หายใจเข้า ยกตัวขึ้น ยกมือทั้ง 2 ข้างขึ้นจากพื้นมาแตะที่หัวเข่าหรือหน้าแข้ง ปฏิบัติจำนวน 8 ครั้ง 3 เซต



ภาพผนวกที่ ๓4 บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง (sit-up)

## ท่าที่ 2 บริหารกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง

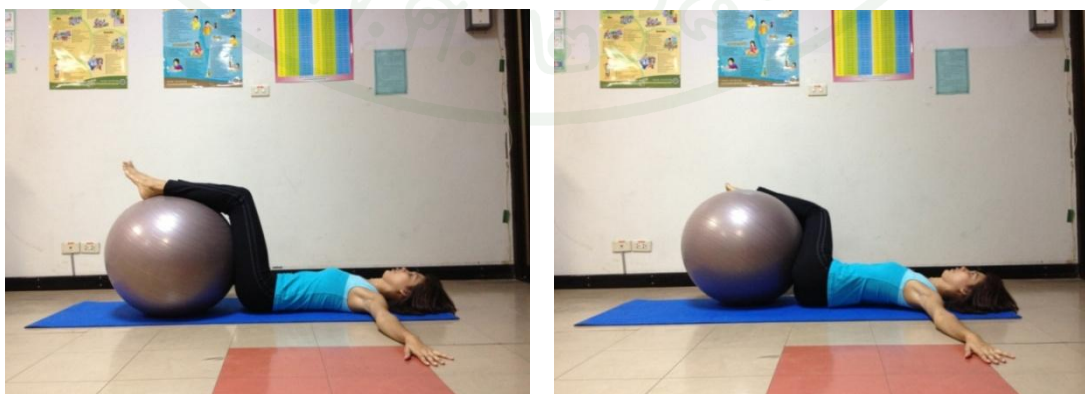
การปฏิบัติ นอนหงาย ยกขาทั้ง 2 วางบนลูกบอล ขาเหยียดตรง สันเท้าวางที่ลูกบอล  
กางแขนทั้ง 2 ให้เป็นแนวเดียวกับหัวไหล่ คว่ำฝ่ามือ เกร็งต้นขา เข็มว่ทอ้ง แล้วยกสะโพกขึ้นให้  
สูงที่สุด แล้วค่อย ๆ ลดสะโพกลง ปฏิบัติจำนวน 8 ครั้ง 3 เซต



ภาพผนวกที่ ค5 บริหารกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง

## ท่าที่ 3 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้าง

การปฏิบัติ นอนหงาย งอเข่าทั้ง 2 ข้าง และให้เข่าอยู่แนวเดียวกับสะโพก ให้ลูกบอลชิด  
ติดกับก้นมากที่สุด กางแขนทั้ง 2 ข้างออกให้เป็นเส้นตรงเดียวกับหัวไหล่ คว่ำฝ่ามือ หายใจเข้า  
เข็มว่ทอ้ง บิดลำตัวขวา-ซ้าย ข้างละ 8 ครั้ง 3 เซต



ภาพผนวกที่ ค6 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้าง

#### ท่าที่ 4 บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง

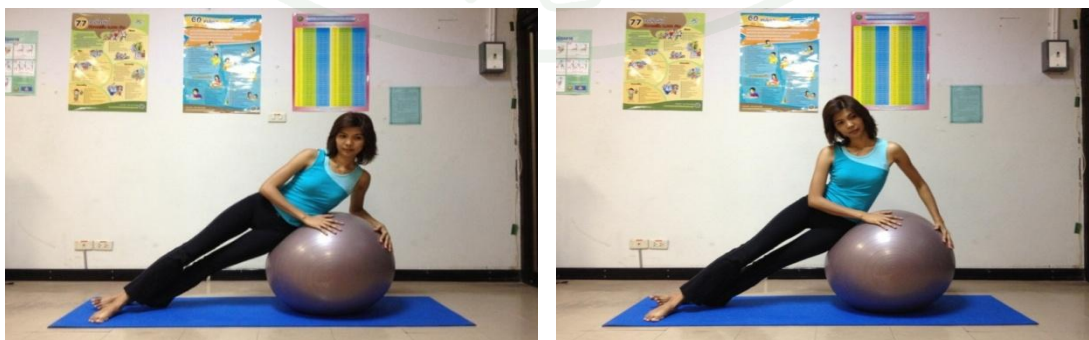
การปฏิบัตินอนหงาย ขาทั้ง 2 ข้างเหยียดตรง แยกขาออกให้กว้าง หนีบลูกบอลไว้ให้แน่น กางแขนทั้ง 2 ข้าง เป็นแนวเส้นตรงเดียวกันกับหัวไหล่ คอว่าฝ่ามือ หายใจเข้า เกร็งขา เข็มว่ท้อง แล้วยกบอลขึ้น ขาเหยียด ให้ลูกบอลตั้งฉากกับสะโพก แล้วค่อย ๆ ลดลูกบอลลงแต่ไม่วางลงติดพื้น ยกลูกบอลขึ้นลง จำนวน 8 ครั้ง 3 เซต



ภาพผนวกที่ ค7 บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง

#### ท่าที่ 5 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างบนลูกบอล

การปฏิบัติ เหยียดตัวโดยให้ลำตัวด้านข้างพิงอยู่บนลูกบอล ขาเหยียดตรง วางข้อศอกขวาบนลูกบอล วางมือซ้ายประคองลำตัวให้ทรงตัวอยู่บนลูกบอลให้ได้ เกร็งขา เข็มว่ท้อง ยกลำตัวทางด้านขวาขึ้น ออกห่างจากลูกบอล สะโพกขวาติดอยู่กับลูกบอล เมื่อรู้สึกตึงลำตัวทางด้านขวา แล้วค่อย ๆ ผ่อนตัวกลับสู่ท่าเดิม ปฏิบัติจำนวน 8 ครั้ง 3 เซต ทั้งขวาและซ้าย



ภาพผนวกที่ ค8 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างบนลูกบอล

### ท่าที่ 6 บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง (sit-up บนลูกบอล)

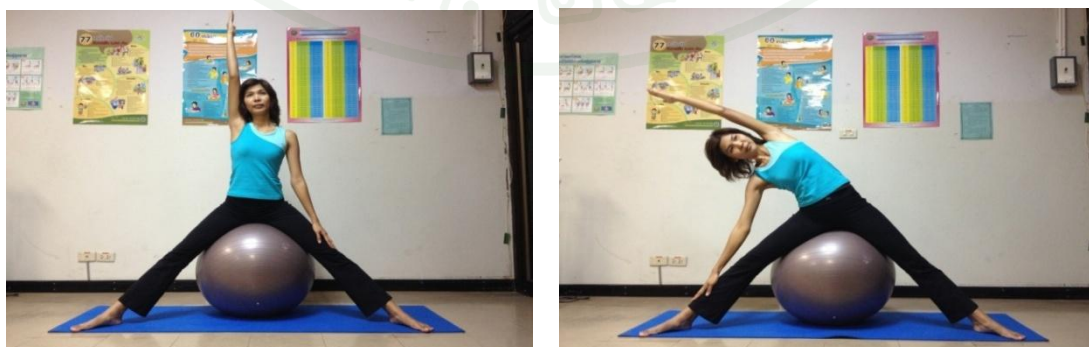
การปฏิบัติ นั่งบนลูกบอล แยกปลายเท้าและเข่า กว้างเท่ากับช่วงสะโพก มือทั้ง 2 ข้างประสานกันด้านหน้า แขนเหยียดตรง เมื่อทรงตัวบนลูกบอลได้แล้ว ให้เกร็งขา เกร็งหน้าท้อง ค่อย ๆ หายตัว และผ่อนศีรษะไปทางด้านหลัง จนหลังสัมผัสกับลูกบอล เหมือนนอนบนลูกบอล จากนั้นจึงยกลำตัวขึ้นท่ามุม 45 องศา เกร็งหน้าท้อง แล้วหายใจไปทางด้านหลังปฏิบัติ จำนวน 8 ครั้ง 3 เซต



ภาพผนวกที่ ๙ บริหารกล้ามเนื้อหน้าท้อง (sit-up บนลูกบอล)

### ท่าที่ 7 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างบนลูกบอล

การปฏิบัติ นั่งบนลูกบอล แยกขาทั้ง 2 ข้างให้กว้าง ๆ ขาเหยียดตรง ยกแขนขวาแนบใบหู แขนซ้ายวางไว้ที่ต้นขาด้านซ้าย หายใจเข้า ยืดตัวขึ้น หายใจออก ค่อย ๆ เอนตัวไปทางซ้าย ลดแขนซ้ายลงด้านข้าง ให้รู้สึกตึงลำตัวทางด้านขวา สายตามองตามปลายนิ้วมือขวา ปฏิบัติสลับขวา-ซ้ายข้างละ 8 ครั้ง 3 เซต



ภาพผนวกที่ ๑๐ บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างบนลูกบอล

### ท่าที่ 8 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างในท่ายืน

การปฏิบัติ ยืนเท้าแยกเท่ากับช่วงสะโพก ยกลูกบอลขึ้นเหนือศีรษะ แขนทั้ง 2 ข้างเหยียดตรง หายใจเข้า ยืดตัวขึ้น หายใจออกเอนตัวไปทางด้านขวา ผลักสะโพกไปทางด้านซ้าย ให้รู้สึกดึงลำตัวด้านซ้าย ปฏิบัติสลับขวา-ซ้าย ข้างละ 8 ครั้ง 3 เซต



ภาพผนวกที่ ๑1 บริหารกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างในท่ายืน

## วิธีการวัดองค์ประกอบของร่างกาย

### อุปกรณ์

เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย InBody รุ่น 720 ประเทศ เกาหลี

### การเตรียมร่างกาย

ให้กลุ่มตัวอย่างงดอาหารและน้ำก่อนวัดอย่างน้อย 4 ชั่วโมง รวมทั้งงดการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ก่อนวัดอย่างน้อย 48 ชั่วโมง

### วิธีการวัด

ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรง ไม่เกร็ง บนเครื่องด้วยเท้าเปล่า ให้ฝ่าเท้าและส้นเท้าสัมผัสกับ FOOT ELECTRODE รวมทั้งให้วางมือบน HAND ELECTRODE โดยนิ้วทั้ง 4 นิ้วสัมผัสกับ ELECTRODE วางหัวแม่มือให้อยู่บน ELECTRODE เบบ๊อ กางแขนออกจากลำตัว 15 องศา ภายหลังจากที่ทำการป้อนข้อมูล ส่วนตัวของผู้ทดสอบ เช่น อายุ ส่วนสูง เพศ น้ำหนัก แล้วเครื่อง จะทำการวัดองค์ประกอบของร่างกายและรายงานผล



ภาพผนวกที่ 12 เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง IN BODY 720



ภาพผนวกที่ ค13 แสดงวิธีการวัดองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง IN BODY 720



ภาคผนวก ง  
การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ

ตารางผนวกที่ 1 แสดงผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov และ Shapiro-Wilk

Tests of Normality							
ตัวแปรที่ศึกษา	1=PreCON, 2=PostCON, 3=PreEx, 4=PostEx	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
น้ำหนักตัว (กก.)	1	.182	20	.082	0.874	20	.014
	2	.165	20	.158	0.926	20	.13
	3	.119	20	.200*	0.927	20	.133
	4	.139	20	.200*	0.932	20	.168
ดัชนีมวลกาย (กก./ม <sup>2</sup> )	1	.154	20	.200*	0.929	20	.148
	2	.104	20	.200*	0.966	20	.68
	3	.189	20	.058	0.903	20	.047
	4	.181	20	.085	0.908	20	.057
รอบเอว (ซม.)	1	.105	20	.200*	0.961	20	.555
	2	.106	20	.200*	0.957	20	.477
	3	.182	20	.083	0.864	20	.009
	4	.203	20	.03	.907	20	.055
อัตราส่วนระหว่างเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบสะโพก	1	.187	20	.065	.95	20	.361
	2	.105	20	.200*	.978	20	.909
	3	.337	20	.000	.679	20	.000
	4	.244	20	.003	.827	20	.002
BF (%)	1	.201	20	.034	.798	20	.001
	2	.209	20	.022	.781	20	.000
	3	.164	20	.165	.865	20	.009
	4	.223	20	.01	.88	20	.017
VFA (ซม. <sup>2</sup> )	1	.098	20	.200*	.973	20	.818
	2	.095	20	.200*	.983	20	.969
	3	.149	20	.200*	.951	20	.382
	4	.153	20	.200*	.96	20	.539

## ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

Tests of Normality							
ตัวแปรที่ศึกษา	1=PreCON, 2=PostCON, 3=PreEx, 4=PostEx	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TC (mg/dL)	1	.124	20	.200 <sup>*</sup>	.961	20	.56
	2	.124	20	.200 <sup>*</sup>	.965	20	.639
	3	.138	20	.200 <sup>*</sup>	.942	20	.259
	4	.119	20	.200 <sup>*</sup>	.97	20	.757
TG (mg/dL)	1	.159	20	.198	.897	20	.036
	2	.13	20	.200 <sup>*</sup>	.944	20	.288
	3	.342	20	0	.448	20	.000
	4	.223	20	.01	.792	20	.001
HDL-C (mg/dL)	1	.099	20	.200 <sup>*</sup>	.944	20	.284
	2	.118	20	.200 <sup>*</sup>	.947	20	.325
	3	.155	20	.200 <sup>*</sup>	.952	20	.393
	4	.142	20	.200 <sup>*</sup>	.945	20	.299
LDL-C (mg/dL)	1	.106	20	.200 <sup>*</sup>	.959	20	.518
	2	.101	20	.200 <sup>*</sup>	.973	20	.825
	3	.118	20	.200 <sup>*</sup>	.959	20	.529
	4	.107	20	.200 <sup>*</sup>	.975	20	.855
Adiponectin (µg/ml)	1	.191	20	.055	.863	20	.009
	2	.181	20	.087	.897	20	.037
	3	.199	20	.037	.772	20	.000
	4	.119	20	.200 <sup>*</sup>	.946	20	.306

หมายเหตุ 1 ข้อมูลก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุม

2 ข้อมูลหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

3 ข้อมูลก่อนการทดลองของกลุ่มทดลอง

4 ข้อมูลหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ตารางผนวกที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรที่ศึกษาส่วนใหญ่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติจาก การทดสอบ Normality Test โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov และ Shapiro-Wilk



## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – สกุล	นางสาวบุษยา ภูมั่ง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 20 ธันวาคม 2529
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2552
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์การกีฬา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กองออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ กรมอนามัย