ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา | โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน

Effects of Water-base and Land-base Circuit Training upon Body Composition and Fat Metabolism in Obese Women

นามผู้วิจัย ว่าที่ร้อยตรีคณาพจน์ ใจรื่น

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(พลเรือโทสุริยา ณ นคร, พ.บ.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมณฑลกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน

Effects of Water-base and Land-base Circuit Training upon Body Composition and Fat Metabolism in Obese Women

โดย

ว่าที่ร้อยตรีคณาพจน์ ใจรื่น

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)
พ.ศ. 2552

คณาพจน์ ใจรื่น, ว่าที่ร้อยตรี. 2552: ผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกายและการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D. 184 หน้า

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกินและการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกายและการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นบุคลากรเพศหญิงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้มาโดยอาสาสมัครจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 40 – 49 ปี โดยการทดลองที่ 2 ทำการจัดเข้ากลุ่มโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน กลุ่มควบคุมปฏิบัติกิจวัติประจำวันตามปกติ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบวงจรในน้ำ 5 สถานี และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบวงจรบนบก 5 สถานี โดยทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลขององค์ประกอบของร่างกายและอัตราการเผาผลาญไขมัน โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของ Tukey กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า การทดลองที่1 อัตราการเผาผลาญไขมันที่ทุกระดับความหนัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นที่ระดับความหนักในการออกกำลังกาย 20 %HRR กับ 30 %HRR และ 50 %HRR กับ 60 %HRR ค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ระดับความหนักในการออกกำลังกายระดับต่ำ 20 % HRR มีอัตราการเผาผลาญไขมันมากที่สุด เมื่อเพิ่มระดับความหนักขึ้นถึงระดับ 60 % HRR อัตราการเผาผลาญไขมันมีค่าลดลง ส่วนการทดลองที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของร่างกายในส่วนของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เส้นรอบวงแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เส้นรอบวงสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง อัตราส่วนรอบวงเอวต่อรอบสะโพก ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอัตราการเผาผลาญไขมันของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันดีกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันไม่แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 2 ผลการวิจัยครั้งนี้การออกกำลังกายแบบวงจรในน้ำและบนบกที่ความหนักระดับต่ำสามารถพัฒนาด้านองค์ประกอบของร่างกาย และเพิ่มอัตราการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Kanapot Jairuen, Acting SubLt. 2009: Effects of Water-base and Land-base Circuit Training upon Body Composition and Fat Metabolism in Obese Women. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Ratree Reungthai, Ed.D. 184 pages

The purposes of this research have two experimental designs, first experimental design were to study fat oxidation and carbohydrate rate over a range of exercise different intensity in overweight women, second experimental design were to study and compare the effects of Water-base and Land-base circuit training upon body composition and fat metabolism of the Obese Women . The subjects consisted of 30 female volunteers, ages 40-49 years old, who work at Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus. They were randomly assigned into three groups, one control group and two experimental groups. The control group was done one's daily tasks. The first experimental group was Water-base circuit training 5 stations. The second experimental group was Land-base circuit training 5 stations. Each training program was performed 3 times per week for 12 weeks. Subject performed 6-min workloads at 20% 30% 40% 50% and 60% of HRR. Fat and carbohydrate oxidation rates were calculated from the measured VO_2 ($L.min^{-1}$) and VCO_2 ($L.min^{-1}$). The data of body composition, fat and carbohydrate oxidation rate before training, after training for six, twelve weeks were analyzed by using ANOVA; one-way and two-way ANOVA with repeated measure; ANOVA and multiple comparison were performed by Tukey at .05 level of significance.

The results of first experimental design revealed that substrate oxidation both fat and carbohydrate were significantly different between exercise intensity, except 20% HRR and 30%HRR, and 50 %HRR and 60%HRR were not significantly different. Maximal fat oxidation rate occurred at low intensity of 20 %HRR and fat oxidation rate decreased at intensity of 60 %HRR. The second experimental showed that body composition such as percent body fat, biceps flexed, waist circumference range of the three groups were significantly different ($p<.05$), except body weight , body mass index, hip, thigh, calf circumference, and waist to hip ratio of the three groups were not significant different. The first experimental group and second experimental group had body composition and fat metabolism significantly different from control group. However, first experimental group was not significant difference with second experimental group. These research findings will be applied Water-base and Land-base circuit training for modification of body composition and increase fat metabolism in obese women

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ความกรุณาและความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูง จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก พลเรือโทนายแพทย์สุริยา ณ นคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์รอง ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือ ในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เป็นอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณนายบุญชอบ เกียติรกำจาย ผู้อำนวยการสำนักกีฬากำแพงแสนที่ได้อนุเคราะห์สระว่ายน้ำและสถานที่ในการฝึกตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บอุปกรณ์ ขอขอบพระคุณ ผศ.อภิลักษณ์ เทียนทอง ที่เอื้อเฟื้อที่พักในขณะเก็บข้อมูล ตลอดจนผู้มีอุปการะคุณทุกท่านที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวในที่นี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อประกอบ ใจรื่น คุณแม่อุบล ใจรื่น และนางสาวกนกวรรณ ใจรื่น น้องสาว ตลอดจนตา ยาย ป้า น้า อา ที่ได้ให้กำลังใจ และสนันสนุนการศึกษา ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้พร้อมทั้งให้การอบรมและส่งเสริมทางด้านการศึกษาด้วยดี อีกทั้งขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ตลอดจนเพื่อนนิสิตปริญญาโทภาคปกติ และภาคพิเศษรุ่นที่ 11 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

คณาพจน์ ใจรื่น

มกราคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (5)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (9)

คำนำ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

การตรวจเอกสาร 9

อุปกรณ์และวิธีการ 52

- อุปกรณ์ 52
- วิธีการ 53

ผลและวิจารณ์ 63

สรุป 112

ข้อเสนอแนะ 112

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 121

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจโปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำ และบนบก 5 สถานี 135
- ภาคผนวก ข โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบวงจรในน้ำ และบนบก 5 สถานี 137
- ภาคผนวก ค ข้อมูลเบื้องต้นผู้เข้าร่วมโครงการการออกกำลังกาย แบบวงจรในน้ำ และบนบก ประวัติสุขภาพ และใบยินยอม เข้าร่วมทำการวิจัย 159
- ภาคผนวก ง ใบบันทึกผลการทดสอบการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบก 163

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก จ วิธีการวัดองค์ประกอบของร่างกาย 4 ส่วน
ส่วนที่ 1 การหาดัชนีมวลกาย
ส่วนที่ 2 การหาเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง
ส่วนที่ 3 การหาสัดส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพก
ส่วนที่ 4 การวัดเส้นรอบวงของร่างกาย 169

ภาคผนวก ฉ การวัดอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกาย
โดยลู่กลด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ยี่ห้อ Sensor Medics
รุ่น Vmax 229 Series 172

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 184

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการแบ่งระดับความรุนแรงของโรคอ้วน โดยใช้ค่าร้อยละของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ของน้ำหนักตัวต่อส่วนสูง	15
2	แสดงแนวทางการตัดสินโรคน้ำหนักตัวน้อยและโรคอ้วนในผู้ใหญ่อายุ >20 ปี โดยดัชนีมวลกาย	16
3	แสดงเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ข้อควรจำง่ายๆ เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายสำหรับผู้หญิงไม่ควรเกิน 30% และผู้ชายไม่ควรเกิน 25% เพราะอาจทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้	17
4	แสดงเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินโรคอ้วนลงพุงในผู้ใหญ่ไทย	18
5	แสดงการเปลี่ยนแปลงทาง สรีรวิทยาของระบบไหลเวียนเลือด ขณะร่างกายแช่ในน้ำ	42
6	แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) ลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง	64
7	แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) ของอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรตขณะออกกำลังกายที่ความหนักต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง	65
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง	70
9	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรตของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง	71
10	แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.) ของลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

11 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.) ของอัตราการเผาผลาญไขมันของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 90

12 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.)ของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 97

ตารางผนวกที่

จ1 แสดงการประมาณค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ผลรวมการวัด skinfolds ในตำแหน่ง triceps suprailium thigh 174

จ2 แสดงเกณฑ์มาตรฐานประเมินค่า WHR 175

ฉ1 แสดงค่าสเกลวัดความเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion Scale) 183

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง 66

2 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูจุดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ไขมันมาเป็นคาร์โบไฮเดรต (crossover point) 67

ภาพผนวกที่

ข1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อหัวไหล่ หน้าอก หลังส่วนบน และข้อมือ (Deltoids , Pectoralis, Latissimus dorsi and wrist flexors) 140

ข2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่และหน้าอก (Deltoids, Pectoralis) บนบก
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่และหน้าอก (Deltoids, Pectoralis)ในน้ำ 141

ข3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะบักด้านหลัง ต้นแขนด้านหลัง (Trapezius and Triceps Brachii) บนบก
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะบักด้านหลัง ต้นแขนด้านหลัง (Trapezius and Triceps Brachii)ในน้ำ 141

ข4 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว (External oblique, Latissimus dorsi, Serratus anterior) บนบก
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว (External oblique ,Latissimus dorsi ,Serratus anterior)ในน้ำ 142

ข5 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อต้นขาหน้ามัดกลาง (Hips flexor and Rectus Femoris) บนบก
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อต้นขาหน้ามัดกลาง (Hips flexor and Rectus Femoris)ในน้ำ 142

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข6	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) บนบก	
	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps)ในน้ำ	143
ข7	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาหนีบ หลังส่วนล่าง(Adductors Satorius Lower back) บนบก	
	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาหนีบ หลังส่วนล่าง (Adductors , Satorius,Lower back)ในน้ำ	143
ข8	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังส่วนล่าง น่อง (Soleus , Gastrocnemius) บนบกและในน้ำ	144
ข9	การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอ ท้ายทอย บนบก	
	การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอ ท้ายทอย ในน้ำ	144
ข10	การบริหาร และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ไหล่ และหน้าอก บนบก	
	การบริหาร และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ไหล่ และหน้าอก ในน้ำ	145
ข11	การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก เอว หลังส่วนล่าง บนบก	
	การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก เอว หลังส่วนล่าง ในน้ำ	145
ข12	การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อข้อมือ ข้อเท้าบนบก	
	การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อข้อมือ ข้อเท้า ในน้ำ	146
ข13	การเดินในน้ำไปข้างหน้า และการเดินในน้ำถอยหลัง	147
ข14	การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับ งอเหยียดแขนขึ้นลงในน้ำ 20 ครั้ง	
	การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับ เหวี่ยงแขนด้านข้างสลับหน้าหลังในน้ำ 20 ครั้ง	
	การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับไขว้แขนสลับด้านหน้า 20 ครั้งในน้ำ	148
ข15	การก้าวขึ้นลงกล่องในน้ำความลึก 150 เซนติเมตร	149
ข16	เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหน้าในน้ำ 20 ครั้ง	
	เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหลัง 20 ครั้งในน้ำ	
	เหวี่ยงแขนมือแตะขาเหยียดตรงสลับซ้ายขวาด้านหน้าในน้ำ 20 ครั้ง	150

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข17	การปั่นจักรยานในน้ำ	151
ข18	การเดินหน้า – ถอยหลัง ระยะ 20 เมตร	152
ข19	การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับ งอเหยียดแขนขึ้นลง 20 ครั้ง การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับ เหวี่ยงแขนด้านข้างสลับหน้าหลัง 20 ครั้ง การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับไขว้แขนสลับด้านหน้า 20 ครั้ง	153
ข20	การก้าวขึ้นลงกล่อง จังหวะที่ 1 การก้าวขึ้นลงกล่อง จังหวะที่ 2 การก้าวขึ้นลงกล่อง จังหวะที่ 3 การก้าวขึ้นลงกล่อง จังหวะที่ 4 การก้าวขึ้นลงกล่อง จังหวะที่ 5	154
ข21	เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหน้า 20 ครั้ง เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหลัง 20 ครั้ง เหวี่ยงแขนมือแตะขาเหยียดตรงสลับซ้ายขวาด้านหน้า 20 ครั้ง	155
ข22	การปั่นจักรยาน	156
ข23	เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar ประเทศจีน	157
ข24	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Casio ประเทศญี่ปุ่น	157
ข25	เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Tanita ประเทศญี่ปุ่น	157
ข26	โฟมเส้นลอยตัว	159
ข27	แท่นสเต็ปเดินขึ้นลงในน้ำ	159
ข28	แท่นสเต็ปเดินขึ้นลงบนบก	159
จ1	เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังยี่ห้อ Lange ประเทศอังกฤษ	171
จ2	การวัดไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ Lange skinfold caliper ตำแหน่ง Triceps	171
จ3	การวัดไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ Lange skinfold caliper ตำแหน่ง Suprailium	172
จ4	การวัดไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ Lange skinfold caliper ตำแหน่ง Thigh	172

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ฉ1	เครื่องวิเคราะห์ก๊าซและชุดอุปกรณ์ Metabolic Cart ยี่ห้อ Sensor Medics	181
ฉ2	รุ่น Vmax 229 Series ประเทศสหรัฐอเมริกา	182
ฉ3	ลู่กลยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น 2000 Treadmill ประเทศสหรัฐอเมริกา	182
ฉ4	แสดงขั้นตอนการ Calibrate Flow แสดงขั้นตอนการทดสอบอัตราการเผาผลาญไขมัน	182

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$beat.min^{-1}$	=	ครั้งต่อนาที
BMI	=	ดัชนีมวลกาย (body mass index)
cm	=	เซนติเมตร
CO	=	ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในเวลา 1 นาที (cardiac output)
Db	=	ความหนาแน่นของร่างกาย (body density)
FFA	=	กรดไขมันอิสระ (fatty acids)
FFC	=	ส่วนที่ปราศจากไขมันในร่างกาย (fat-free body component)
$g.min^{-1}$	=	กรัมต่อนาที
HR	=	อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate)
HRmax	=	อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (maximum heart rate)
HRR	=	อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (heart rate reserve)
HRrest	=	อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (resting heart rate)
kcal	=	กิโลแคลอรี
$kg.m^{-2}$	=	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
$L.min^{-1}$	=	ลิตรต่อนาที
$ml.kg.^{-1}min^{-1}$	=	มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที
mmHg	=	มิลลิเมตรปรอท
$m.s^{-1}$	=	เมตรต่อวินาที
MFO	=	ค่าสูงสุดการเผาผลาญไขมัน (maximum fat oxidation)
n	=	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (number of subject)
RER	=	อัตราส่วนของปริมาณการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ต่อการใช้ออกซิเจน (respiratory exchange ratio)
RMR	=	อัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก (resting metabolic rate)
RPE	=	สเกลบอกระดับการรับรู้ความเหนื่อย (rating perceived exertion)
S.E.	=	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)
SV	=	แรงบีบตัวของหัวใจ (stroke volume)
THR	=	อัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (target heart rate)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

VO_2	=	ปริมาณการใช้ออกซิเจนต่อนาที (volume oxygen consumption)
$VO_2(L.min^{-1})$	=	ปริมาณการใช้ออกซิเจน (ลิตรต่อนาที)
$VCO_2(L.min^{-1})$	=	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกผลิตขึ้น (ลิตรต่อนาที) (volume of carbon dioxide production)
$\mathbf{V}O_2max$	=	ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal oxygen consumption)
WHR	=	อัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อรอบวงสะโพก (waist to hip ratio)
$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ย (mean)

ผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน

Effects of Water - base and Land- base Circuit Training upon Body Composition and Fat Metabolism in Obese Women

คำนำ

ในปัจจุบันโรคอ้วนเป็นโรคที่กำลังเป็นปัญหาบั่นทอนสุขภาพของคนทุกเพศทุกวัย นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ จากการสำรวจภาวะการมีน้ำหนักเกินและโรคอ้วนในคนไทยของกองโภชนาการกรมอนามัย กระทรวงสารณสุข พบว่าโรคอ้วนเป็นสาเหตุของการป่วยด้วยโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคข้อเสื่อม โรคเก๊าท์ โรคนิ่วในถุงน้ำดี โรคมะเร็ง เป็นต้น โรคอ้วนเป็นภาวะที่ร่างกายได้รับพลังงานและสารอาหารมากเกินความต้องการและเก็บสะสมไว้ในรูปของไขมันมีผลทำให้ร่างกายมีน้ำหนักมากกว่าปกติหรือเกินมาตรฐานเมื่อเทียบกับความสูงและอายุ (รุจิรา, 2544) ปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคอ้วน ได้แก่ กรรมพันธุ์ ความผิดปกติของต่อมไร้ท่อและเมตาบอลิซึม ความผิดปกติของสมองส่วนกลาง การได้รับยา การรับประทานอาหารไม่ถูกสัดส่วนกับพลังงานที่ใช้ในแต่ละวันและการขาดการออกกำลังกาย ในปัจจุบันทุกประเทศกำลังเผชิญกับปัญหาโรคอ้วนเพิ่มมากขึ้นจนองค์การอนามัยโลกประกาศในปี ค.ศ.1997 ว่าความรุนแรงของโรคอ้วนจัดเป็นโรคระบาดชนิดหนึ่งซึ่งเป็นปัญหาสาธารณะปัญหาหนึ่งที่ควรเร่งแก้ไข

ในประเทศไทยโรคอ้วนเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่ง ดังที่ กระทรวงสาธารณสุข รายงานว่า จากการสำรวจพบว่าคนไทยอายุ 35 ปีขึ้นไปในรอบ 5-6 ปี อ้วนลงพุงเกือบร้อยละ30 หรือประมาณ 12 ล้านคน โดยเป็นผู้หญิงถึงร้อยละ 50 ส่วนในผู้ชายพบร้อยละ 21 มักพบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย โดยเฉพาะผู้สูงอายุ สาเหตุที่สำคัญเกิดจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มีไขมัน อาหารรสจัด กินผักผลไม้น้อยลง เดินน้อยลงและขาดการออกกำลังกาย จากสถิติการ สำรวจของปัญหาโรคอ้วนของ The National Health Examination Survey ครั้งที่ 2 ในปี 1991-1992 พบว่า 4 % ของคนไทย เป็นโรคอ้วน (พบในผู้ชาย 1.7 % และผู้หญิง 5.6 %)

และพบว่า 16.7 % มีน้ำหนักตัวเกิน (พบในผู้ชาย 12 % และผู้หญิง 19.5 %) และในการสำรวจครั้งที่ 3 ในปี 2003-2004 พบว่า 7.1 % ของคนไทย เป็นโรคอ้วน (พบในผู้ชาย 5% และผู้หญิง 9 %) และพบว่า 21.6 % มีน้ำหนักตัวเกิน (พบในผู้ชาย 18 % และผู้หญิง 25 %) และได้เพิ่มการสำรวจโรคอ้วนลงพุง พบว่า 25.9% ของคนไทยเป็นโรคอ้วนลงพุง (พบในผู้ชาย 15 % และผู้หญิง 36 %) จากการสำรวจภาวะการมีน้ำหนักตัวเกินและโรคอ้วนในคนไทยพบว่ามีอัตราเพิ่มขึ้นสูงมากในแต่ละปี โดยจะพบในผู้หญิง อายุระหว่าง 30 – 59 ปี มากกว่าในเพศชาย (กรมอนามัย, 2549)

วิธีการรักษาและป้องกันภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน มีหลายวิธี เช่น การออกกำลังกาย ควบคุมอาหาร การปรับพฤติกรรมการกิน การรักษาด้วยยาและการผ่าตัด จากที่กล่าวมาการออกกำลังกายเป็นวิธีการป้องกันรักษาที่ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย โดยกิจกรรมการออกกำลังกายสามารถเลือกได้ตามความสนใจ ดังที่ Andrew and Nuala (2004) กล่าวว่า กิจกรรมทางกายที่มีการเคลื่อนไหวของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการเผาผลาญพลังงาน การควบคุมน้ำหนักโดยมีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย ทำให้ มวลของ ส่วนที่ปราศจากไขมันและส่วนที่มีไขมันลดน้อยลงและเพิ่มการเผาผลาญพลังงานมากขึ้น การออกกำลังกายเพื่อควบคุมน้ำหนักควรเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก เช่น การเดิน การวิ่ง การเต้นแอโรบิก การปั่นจักรยาน ว่ายน้ำและอีกหลายๆรูปแบบ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกอีกรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจคือ การฝึกแบบวงจร (circuit training) เป็นการฝึกที่จัดแบ่งเป็นสถานีต่างๆ โดยกำหนดเวลาในการฝึกแต่ละสถานีเวลาในการเปลี่ยนสถานีไว้อย่างแน่นอนตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ สอดคล้องกับ American College of Sports Medicine (1990) กล่าวว่า การออกกำลังกายแบบวงจรประกอบไปด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การฝึกความอดทนของระบบหายใจไหลเวียนเลือด โดยผลของการฝึกแบบวงจรสามารถพัฒนาสมรรถภาพด้านแอโรบิก เพิ่มการเผาผลาญพลังงาน ลดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ส่งเสริมการมีสุขภาพที่ดี และยังพัฒนาความสามารถสูงสุดของระบบแอโรบิกสามารถเพิ่มระดับสมรรถภาพทางกายที่เคยต่ำให้สูงขึ้นได้ ในคนอ้วนพบว่า คนอ้วนที่มีน้ำหนักตัวมากการออกกำลังกายที่ต้องใช้การเคลื่อนไหวมากและนานเพื่อต้องเผาผลาญพลังงานส่วนเกินออกไป โอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อ และข้อต่อได้ง่าย ดังนั้นการออกกำลังกายในน้ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับคนอ้วนที่ต้องการลดน้ำหนัก เพราะคุณสมบัติหลายอย่างของน้ำจะช่วยป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับข้อต่างๆในขณะออกกำลังกาย สอดคล้องกับ สุริยา(2538) กล่าวว่าการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านของน้ำสามารถพัฒนาความอดทนในการทำงานของหัวใจระบบไหลเวียนโลหิต เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย ความอ่อนตัวของข้อต่อและเพิ่มการเผาผลาญพลังงานเพราะขณะที่ตัวเราอยู่

ในน้ำ โดยน้ำจะเป็นตัวกลางในการพยุงน้ำหนักตัวซึ่งช่วยลดแรงกระแทกหรือแรงกดในแนวดิ่งจะช่วยผ่อนภาระในการรับน้ำหนักตามข้อต่อต่างๆ โดยเฉพาะส่วนล่างของร่างกาย การออกกำลังกายในน้ำมีความเหมาะสมกับคนอ้วน และที่สำคัญความเย็นของน้ำจะทำให้ร่างกายระบายความร้อนออกมาช่วยลดอุณหภูมิภายในร่างกายและทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปได้อย่างดี (Andrew and Nuala, 2004) การออกกำลังกายในน้ำจัดเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ดีที่สุดวิธีหนึ่ง โดยออกกำลังกายให้อยู่ที่ระดับความหนักของงาน 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดนานติดต่อกันไม่น้อยกว่า 20 นาทีและไม่น้อยกว่าสัปดาห์ละ 3-5 วัน จึงจะเกิดผลดีต่อสมรรถภาพทางกาย (ดำรง, 2535) นอกจากนี้การฝึกแบบวงจรสามารถนำมาใช้ฝึกได้ทั้งบนบกและในน้ำ โดยถ้านำมาฝึกในน้ำจะเรียกว่าการฝึกแบบวงจรในน้ำ (circuit training in water) ซึ่งเป็น การออกกำลังกายในน้ำโดยใช้น้ำเป็นแรงต้านทาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายทั่วไป ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนขาและหลัง สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และความทนทานของกล้ามเนื้อ แขน และขา (วนิดา, 2539) สอดคล้องกับ Bedortra (1993) กล่าวว่าโปรแกรมการฝึกในน้ำแบบวงจรหรือฐานฝึก (aquatic circuit training) จะช่วยให้ร่างกายทุกส่วนได้ทำงานเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาทั้งช่วยให้เกิดความสนุกสนานให้ผลต่อการสร้างความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อเสริมสร้างประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนและความหลากหลายในโปรแกรมการฝึกทำให้ไม่เกิดความเบื่อหน่ายทั้งยังทำให้ผู้ฝึกได้รับความสดชื่นจากน้ำอีกด้วย ในการฝึกแบบวงจรบนบกเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่มีลักษณะเช่นเดียวกับการฝึกแบบวงจรในน้ำต่างกันที่สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการฝึก

จากเหตุผลที่กล่าวมา เพื่อให้สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์แห่งชาติเพื่อการป้องกันและรักษาโรคอ้วน (2545- 2550) ที่ต้องการมุ่งเน้นให้คนไทยป้องกัน และรักษาโรคอ้วน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษารูปแบบการฝึกแบบวงจรในคนอ้วน เนื่องจากการฝึกแบบวงจรเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายรูปแบบหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพทางกายด้านต่าง ๆ ของผู้ที่ได้รับการฝึก ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกินและศึกษาผลของการฝึกแบบวงจรทั้ง 2 รูปแบบคือ การฝึกแบบวงจรในน้ำ และบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน โดยจะนำผลที่ได้ในงานวิจัยในครั้งนี้ไปใช้พัฒนาการจัดโปรแกรมการออกกำลังกายให้กับคนอ้วนและบุคคลทั่วไปได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้มีสุขภาพแข็งแรง มีคุณภาพชีวิตที่ดีและเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าสำหรับผู้สนใจต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การทดลองที่ 1

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรตในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกิน

การทดลองที่ 2

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อค่าองค์ประกอบของร่างกายและอัตราการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของค่าองค์ประกอบของร่างกายและอัตราการเผาผลาญไขมันระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่ม ฝึกแบบวงจรบนบก และกลุ่มฝึกแบบวงจรในน้ำในผู้หญิงอ้วนก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12

3. เพื่อเปรียบเทียบผลของค่าองค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันภายในกลุ่มควบคุม กลุ่ม ฝึกแบบวงจรบนบก และกลุ่ม ฝึกแบบวงจรในน้ำในผู้หญิงอ้วน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12

สมมติฐานการวิจัย

การทดลองที่ 1

ผลของค่าอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การทดลองที่ 2

1. ผลของค่าองค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่ม ฝึกแบบวงจรบนบก และกลุ่ม ฝึกแบบวงจรในน้ำในผู้หญิงอ้วน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลของค่าองค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มฝึกแบบวงจรบนบก และกลุ่ม ฝึกแบบวงจรในน้ำในผู้หญิงอ้วน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental design) เพื่อศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกินและศึกษาผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน

1. กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นบุคคลากร ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เพศหญิง อายุระหว่าง 40 – 49 ปี โดยอยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับที่ 1 มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ระหว่าง 23.00 ถึง 29.99 กก./ม^2 จำนวน 60 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ในครั้งนี้เป็นบุคคลากร ของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เพศหญิง อายุระหว่าง 40 – 49 ปี โดยอยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับที่ 1 มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ระหว่าง 23.00 ถึง 29.99 กก./ม^2 จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการรับอาสาสมัคร (volunteer) จากประชากร 60 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

3.1 ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือ

3.1.1 โปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำจำนวน 5 สถานี
3.1.2 โปรแกรมการฝึกแบบวงจรบนบกจำนวน 5 สถานี

3.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) คือ

3.2.1 ค่าองค์ประกอบของร่างกาย (body composition) ประกอบด้วย

- เปอร์เซ็นต์ไขมัน (% body fat) โดยการวัดไขมันใต้ผิวหนัง 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณต้นแขนด้านหลัง (triceps) ต้นขาด้านหน้า (thigh) และบริเวณตำแหน่งเหนือกระดูกเชิงกราน (suprailium)โดยใช้ Lange Skinfold Calipers คำนวณค่า เปอร์เซ็นต์ไขมัน (% body fat) โดยใช้สมการของ Siri (1961)

- เส้นรอบวงของร่างกาย (girth or circumference) โดยทำการวัด 5 ตำแหน่ง คือ บริเวณกล้ามเนื้อแขนท่อนบนขณะงอ (biceps flexed) ช่วงเอว (waist) สะโพก (hip) ขาท่อนบน (thigh) และน่อง (calf) โดยใช้ สายวัด

- อัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบสะโพก (waist-over-hip circumference ratio; WHR)

3.2.2 ค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (gas analyzer)คำนวณหาค่าการอัตราเผาผลาญไขมัน โดยใช้สมการของ (Peronnet and Massicotte, 1991)

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมในการวิจัยในครั้งนี้ต้องผ่านเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนดและลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความเต็มใจ โดยมีเงื่อนไขที่กำหนดดังนี้

- ผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์ว่ามีสุขภาพร่างกายและสุขภาพจิตดีไม่เป็นโรคติดต่ออื่นๆ ที่จะมีผลต่อการทดลองครั้งนี้
- สามารถทำการออกกำลังกายในช่วงเวลาที่กำหนดได้ และไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ(น้อยกว่า 3 วัน/สัปดาห์)
- อยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับที่ 1 มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ระหว่าง 23.00 ถึง 29.99 กก./ม^2

2. การวิจัยในครั้งนี้ไม่มีการควบคุมอาหาร มีการบันทึกน้ำหนักตัวก่อนและหลังการฝึกทุกสัปดาห์มีการให้คำแนะนำเรื่องโภชนาการแก่ผู้เข้ารับการฝึก

3. การวิจัยในครั้งนี้ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของน้ำและสภาพอากาศขณะทำการออกกำลังกาย

4. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยตนเองและมีผู้ช่วยที่มีประสบการณ์ที่ได้รับการฝึกฝนจนชำนาญ

5. ก่อนการทดสอบ 1 วัน กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกายหรือกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมากงดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ทุกประเภท นอนพักผ่อนอย่างน้อย 6-8 ชั่วโมงและงดรับประทานอาหารทุกชนิดก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 3-4 ชั่วโมง ยกเว้นน้ำ ผู้ทดสอบทำการทดสอบในช่วงเวลาเดิมทุกครั้ง โดยมีการควบคุมอุณหภูมิห้องให้อยู่ในช่วง $25 \pm 1^{\circ}C$ และความชื้นสัมพัทธ์ 60 ± 10 %

นิยามศัพท์

ผู้หญิงอ้วน (obese woman) หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาจารย์ และบุคลากร เพศหญิงของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม อายุระหว่าง 40 – 49 ปี โดยอยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับที่ 1 มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ระหว่าง 23.00 ถึง 29.99 กก./ม^2

โปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำ (water - base circuit training) หมายถึง โปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำโดยใช้น้ำเป็นแรงต้านทาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายทั่วไปพัฒนาค่าองค์ประกอบของร่างกาย เพิ่มอัตราการเผาผลาญไขมันในร่างกายสร้างความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อด้วยการฝึกเป็นสถานี 5 สถานี ทำการฝึกแบบต่อเนื่องจนครบวงจรการฝึกโดยไม่มีการพักระหว่างสถานีแต่ละสถานีเป็นรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามหลักการและทฤษฎี

โปรแกรมการฝึกแบบวงจรบนบก (land - base circuit training) หมายถึง โปรแกรมการออกกำลังกายบนบกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายทั่วไปพัฒนาค่าองค์ประกอบของร่างกายเพิ่มอัตราการเผาผลาญไขมันในร่างกายสร้างความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อด้วยการฝึกเป็นสถานี 5 สถานี ทำการฝึกแบบต่อเนื่องจนครบวงจรการฝึกโดยไม่มีการพักระหว่างสถานีแต่ละสถานีเป็นรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามหลักการและทฤษฎี

องค์ประกอบของร่างกาย (body composition) หมายถึง องค์ประกอบทางกาย (body composition) มี 2 ส่วนคือ ส่วนไขมันและเนื้อเยื่อไขมัน(body fat) หรือ ส่วนประกอบไขมัน(fat component) โดยทำการวัดไขมันใต้ผิวหนัง (skinfold thickness) และส่วนที่ปราศจากไขมันในร่างกาย (fat – free body component; FFC) หรือน้ำหนักร่างกายปลอดไขมัน(lean body-mass) โดยทำการวัดเส้นรอบวงของร่างกาย (girth or circumference)และอัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบสะโพก (waist-over-hip circumference ratio; WHR) โดยใช้ สายวัด

อัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) หมายถึง ค่าอัตราการใช้ไขมันเพื่อเผาผลาญเป็นพลังงานในขณะพักและในขณะการออกกำลังกายของคนอ้วน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (gas analyzer) คำนวณหาค่าอัตราการเผาผลาญไขมันโดยใช้สมการของ Peronnet and Massicotte (1991)

การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีหัวข้อต่าง ๆดังนี้

1. โรคอ้วน
2. การออกกำลังกายสำหรับโรคอ้วน
3. การฝึกแบบวงจร
4. การออกกำลังกายในน้ำ
5. องค์ประกอบของร่างกายของคนอ้วน
6. อัตราการเผาผลาญไขมันในคนอ้วน

โรคอ้วน

นิยามและประเภทของโรคอ้วน

โรคอ้วนเป็นโรคเรื้อรังที่ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพทางกาย ตลอดจนทำให้ผู้ป่วยโรคนี้มีอัตราการเกิดโรคแทรกและมีอัตราการตายสูงกว่าคนที่มีน้ำหนักตัวปกติ ปัจจุบันโรคอ้วนเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขของประชาชนไทย และต่างประเทศทั่วโลกโดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนาที่ประชากรในประเทศมีการรับประทานอาหารมากแต่ยังขาดการออกกำลังกายและการเคลื่อนไหวทางกาย เนื่องจากมีเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกมากขึ้น โดยองค์การอนามัยโลกได้ประกาศว่า โรคอ้วนเป็นโรคชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการสะสมของไขมันในร่างกายที่มีมากเกินปกติทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ เนื่องจากพบว่าความอ้วนเป็นแหล่งสะสมของการเกิดโรค(WHO, 1998) ได้มีผู้เชี่ยวชาญได้ให้นิยามและประเภทของโรคอ้วน ดังนี้

โรคอ้วน หมายถึง ภาวะที่ร่างกายได้รับพลังงานและสารอาหารมากเกินความต้องการและเก็บสะสมไว้ในรูปของไขมันมีผลทำให้ร่างกายมีน้ำหนักมากกว่าปกติหรือเกินมาตรฐานเมื่อเทียบกับความสูงและอายุ (รุจิรา, 2544)

วิชัย (2539) กล่าวว่า โรคอ้วนเป็นโรคที่มีปริมาณไขมันภายในร่างกาย (body fat) มากกว่าปกติ นอกจากนี้การกระจายตัวของไขมันในร่างกาย (body fat distribution) ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีต่อสุขภาพโรคอ้วนที่มีผลร้ายต่อสุขภาพ มี 3 ประเภท คือ

1. โรคอ้วนทั้งตัว (overall obesity) ผู้ป่วยกลุ่มนี้มีไขมันทั้งร่างกายมากกว่าปกติโดยไขมันเพิ่มขึ้นมิได้จำกัดอยู่ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งโดยเฉพาะ

2. โรคอ้วนลงพุง (visceral obesity; abdominal obesity) ผู้ป่วยกลุ่มนี้มีไขมันของอวัยวะภายในช่องท้องมากว่าปกติ โดยอาจมีไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) บริเวณหน้าท้องเพิ่มขึ้นด้วย

3. โรคอ้วนทั้งตัวร่วมกับโรคอ้วนลงพุง (combined overall and abdominal obesity) ผู้ป่วยกลุ่มนี้นอกจากจะเป็นโรคอ้วนทั้งตัวแล้วยังเป็นโรคอ้วนลงพุงร่วมด้วย

สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคอ้วน

โรคอ้วนเป็นโรคเรื้อรัง ที่ทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพของประชากรทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศทั่วโลก โดยสาเหตุและปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดโรคอ้วนสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ลักษณะของรูปร่าง มีจำนวนไขมันแตกต่างกัน ดังที่ สุดจิต (2534) กล่าวไว้คือ
    1.1 คนที่มีรูปร่างแบบ endomorphy จะมีไขมันมากกว่ากล้ามเนื้อ
    1.2 คนที่มีรูปร่างแบบ mesomorphy จะมีกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากที่สุด
    1.3 คนที่มีรูปร่างแบบ ectomorphy จะมีกล้ามเนื้อผอมเรียวยาว ไขมันน้อย

2. โภชนาการ (nutrition) การได้รับอาหารไม่ถูกสัดส่วนหรือได้รับอาหารที่ให้พลังงานมากเกินไปโดยเฉพาะแป้งและไขมันรวมทั้งการให้อาหาร (feeding practice) ที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุที่พบบ่อยซึ่งทำให้เกิดโรคอ้วนในทารกและเด็ก (ไกรสิทธิ์, 2533) ความไม่สมดุลระหว่างพลังงานที่ร่างกายได้รับพลังงานที่ใช้ไปเกิดการสะสมโดยพลังงานส่วนใหญ่แปรรูปเป็นไขมันทำให้น้ำหนักเพิ่มหรืออ้วนได้

ซึ่งอาจเกิดจากภาวะจิตใจและอารมณ์เฉพาะตัวบุคคลประกอบกับสถานการณ์โดยมีลักษณะดังนี้

2.1 รับประทานมาก ใช้พลังงานปกติ
2.2 รับประทานมากใช้พลังงานน้อย
2.3 รับประทานปกติ ใช้พลังงานน้อย (วรพงษ์, 2531)

3. ยาที่ใช้รักษาโรคบางชนิดอาจส่งเสริมน้ำหนักเพิ่มขึ้น เช่น ฮอร์โมนชนิดเพรดนิโซโลน (prednisolone) มีผลให้รับประทานอาหารมากขึ้นอ้วนได้แต่อ้วนแบบผิดส่วนไขมันพอกที่คอ ลักษณะเป็นโหนกขึ้น ยาพวกนี้ทำให้เกิดโรคเบาหวาน โรคกระดูกพรุนและติดเชื้อโรคได้ง่าย (สุดจิต, 2534) นอกจากนี้ยังมียาไตรไซคลิก แอนตี้ดีเพรสแซ้น (tricyclic antidepressant) ลิเทียม (lithium)เบต้า แอดดรีเนอจิก บลอคเกอร์ ยาคุมกำเนิดสเตียรอยด์บางชนิด คอร์ติโคสเตียรอยด์ อินซูลิน ไซโปเฮปตาดีน (cyproheptadine) นิวโรเลปติค (neuroleptics) ฟีโนไตอะซีน (phenothiazine) และ ฟี โซติเฟน (pizotifen) (วิชัยและคณะ, 2544)

4. กรรมพันธุ์ หรือพันธุกรรม (genetic factors) การถ่ายทอดจากพันธุกรรมโดยโครโมโซม (chromosomal) เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดโรคอ้วน (กำพล, 2543) สอดคล้องกับกาญจนา (2542) ที่กล่าวว่า กรรมพันธุ์ (genetics) เป็นสาเหตุหนึ่งของโรคอ้วนโดยส่วนมากพบคนอ้วนในครอบครัวที่อ้วนเสมอ สาเหตุเกิดจากกรรมพันธุ์ที่ตกทอดมาโดย เซลล์ทำให้เกิดการผิดปกติในหน้าที่ของต่อมไร้ท่อทั้งหลายหรือทำให้เกิดความพิการหรือความผิดปกติของต่อมพิตูอิ-ตารี่ ทำให้ศูนย์ควบคุมการกินอาหาร มีความรู้สึกอยากอาหารมากขึ้นมีความรู้สึกอิ่มในอาหารที่บริโภคน้อยลง ทั้งนี้เกิดจากสมดุลย์ของความอยากอาหารและความอิ่มของศูนย์ไม่สัมพันธ์กัน

5. ความผิดปกติของต่อมไร้ท่อและเมตาบอลิซึม (endocrine and metabolism disorder) คุชชิ่ง ซินโดรม (eushing 's syndrom)ทำให้มีการหลั่งของ แอ็ดดรีโนคอทิคัล สเตอร์รอยด์ (adrenocortical steroid) มากเกิน เกิดการสะสมของไขมันตามลำตัวไหล่และคอด้านหลังมากขึ้น ภาวะการขาดแคลนน้ำคัดหลั่งจากต่อมไธรอยด์(hypothyroidism)ซึ่งอ้วนเนื่องจากมีลักษณะอาการบวมน้ำที่ค่อนข้างแข็งของเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง (myxedema) ทำให้น้ำหนักตัวมากเกินปกติ เด็กจะมีส่วนสูงต่ออายุ (height for age) น้อยกว่าอายุจริง (ไกรสิทธิ์, 2533)

6. ความผิดปกติช่องสมองส่วนกลาง (CNS abnormality) เมื่อมีการทำลายที่ เวนโตมีเดียล นิวเคลียส (ventromedial nucleus) ของต่อมไฮโปทาลามัส (hypothalamus) ซึ่งอาจเกิดจากเนื้องอก การอักเสบหรืออันตรายที่ส่วนนี้จึงทำให้กินอาหารมากขึ้นเกิดภาวะการมีอินซูลินในเลือดมาก เกินไป (hyperinsulinemia) และโรคอ้วน

7. การขาดการออกกำลังกาย (lack of exercise) เมเยอร์ (Mayer)ชี้ให้เห็นว่าการที่ทารกมี กิจกรรม (activity) ต่างๆทำให้ใช้พลังงานไปถึงร้อยละ17 - 40 ของพลังงานที่ทารกได้รับและมาก กว่าพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งใช้ร้อยละ 10 เท่านั้น มีการศึกษา การขาดการออกกำลังกาย เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคอ้วนได้ในเด็ก วัยรุ่น วัยผู้ใหญ่ แม้ว่าจะได้กินอาหารในปริมาณ เท่าเดิม

8. สิ่งแวดล้อมต่างๆ (environment factors) พบว่าตัวแปรจากสิ่งแวดล้อมมากมายที่มีผล ก่อให้เกิดโรคอ้วนในเด็ก ที่สำคัญที่สุด คือ ครอบครัว เช่น ฐานะทางเศรษฐกิจและระดับการศึกษา ของพ่อแม่ บิดามารดามีอิทธิพลในการจัดหาอาหารให้คำแนะนำเกี่ยวกับอาหารให้เด็กรับประทาน ซึ่งมีความสัมพันธ์ทำให้เด็กเป็นโรคอ้วน (Klesges *et al.,*1991)

9. ปัจจัยด้านจิตใจผิดปกติเป็นสาเหตุสำคัญอันหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดภาวะอ้วนได้บางคน จะกินอาหารเพื่อดับหรือแก้ความโกรธ ความกลัดกลุ้ม ความกังวลใจหรือความคับแค้นใจ บุคคลเหล่านี้จะมีความรู้สึกว่าชีวิตความเป็นอยู่ ไม่ค่อยดีพยายามหลีกหนีสังคมเพราะกลัวถูก ล้อเลียนและมีสมาชิกในครอบครัวที่จะเกิดความสุขสบายใจตามควรไม่ได้เด็กจึงหันไปยึดการกิน อาหารเป็นเครื่องบำรุงสุขทำให้เกิดความสบายใจโดยมากเด็กที่ไม่มีความสุขมักจะกินอาหารจุ และ นิสัยนี้จะติดตัวจนเป็นผู้ใหญ่จนแก้ไขยาก แม้จะมีจิตเข้าสู่ภาวะปกติแล้วก็ตาม (กาญจนา, 2542)

โรคอ้วนทำให้เกิดโรคแทรกซ้อน หลายประการ สำหรับคนที่เป็นโรคนี้จะมีอาการ และความเสี่ยงมากกว่าคนปกติ โดยโรคที่มักมีความเสี่ยงที่จะเป็นมีดังนี้

1. โรคเบาหวาน (diabetes) ภาวะของโรคอ้วนทำให้เมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ผิดปกติเกิดภาวะน้ำตาลในกระแสเลือดสูง (hyperinsulinemia) การดื้อต่ออินซูลิน (insulinresistance) จากการศึกษาของเฟรมมิ่งแฮม พบว่าความชุกของโรคเบาหวานแปรผันตาม น้ำหนักตัวสัมพัทธ์มีผู้ศึกษาระดับอินซูลินในเด็กอ้วน 158 ราย อายุ 3 เดือน ถึง 15 ปี พบว่าระดับ

อินซูลินในเลือดสูงกว่าปกติทั้งในภาวะอดอาหารและหลังอาหาร และมีความสัมพันธ์กับระดับความอ้วน การลดน้ำหนักของผู้ป่วยโรคอ้วนทำให้เมตาบอลิซึมของกลูโคสดีขึ้น (อุมาพร, 2537)

2. โรคไขมันในเลือดสูง (hyperlipoproteinemia) ความผิดปกติของไขมันในเลือดที่อาจพบในคนอ้วน ได้แก่ ระดับสูงกว่าปกติของไตรกลีเซอร์ไรด์ โคเลสเตอรอล และ แอลดีแอล (low density lipoprotein) ส่วนเอชดีแอล (high density lipoprotein) มักต่ำกว่าปกติสาเหตุที่ไตรกลีเซอร์ไรด์สูงอาจเกิดจากภาวะอินซูลินในเลือดสูง เนื่องจากโรคไขมันในเลือดสูงทำให้หลอดเลือดตีบตัน ดังนั้นโรคอ้วนจึงเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อโรคหัวใจขาดเลือด (อุมาพร, 2537)

3. โรคความดันโลหิตสูงโรคอ้วนมีความสัมพันธ์กับโรคความดันโลหิตสูงทำให้การเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น และเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ โรคความดันโลหิตสูงมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหัวใจ การลดความดันโลหิตสัมพันธ์กับการลดน้ำหนักในผู้ป่วยที่เป็นโรคอ้วน (Berkowitz, 1997)

4. ความผิดปกติของกระดูกและข้อ น้ำหนักที่มากเกินไปทำให้กระดูกและข้อผิดปกติ เช่น กระดูกโคนขาโค้งงอ (bowed femurs) กระดูกแข้งโค้งงอ (bowed tibias) อาการปวดเข่า ปวดข้อเท้าและปวดหลัง(อุมาพร, 2537)

5. ความผิดปกติของผิวหนัง ผิวหนังบริเวณซอกคอ ด้านหลังของคอรักแร้ ใต้ราวนม และข้อพับ หน้าท้องและขาหนีบ จากการที่เนื้อเยื่อไขมันเพิ่มขึ้นมากจะห้อยเป็นชั้น ทำให้ผิวหนังบริเวณดังกล่าวมานี้อับเหม็นและเปื่อยเป็นแผล (กาญจนา, 2542) บางรายผิวหนังดังกล่าวมีลักษณะเป็นปื้นสีดำหนาและขรุขระ (acanthosis nigricans) ซึ่งอาการคันที่ผิวหนังเหล่านี้จะดีขึ้นเมื่อลดน้ำหนัก (อุมาพร, 2537)

6. ความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ ไขมันที่สะสมอยู่ในผนังช่องอก ในช่องท้องและกะบังลม ทำให้ผนังช่องอกขาดความยืดหยุ่น เนื่องจากไขมันที่สะสมในเนื้อเยื่อรอบทางเดินหายใจทำให้คนที่อ้วนมากมักจะหายใจเร็วตื้นเพราะผนังทรวงอกมีไขมันมาก สาเหตุมาจากช่องอกขยายได้น้อยร่วมกับไขมันบริเวณหน้าท้องมากจึงทำให้กระบังลมเคลื่อนไหวน้อยกว่าปกติ (ลัดดา, 2545)

7. ความผิดปกติของระบบต่อมไร้ท่อ นอกจากความผิดปกติของระดับฮอร์โมนอินซูลิน ยังมีรายงานว่าเด็กอ้วนอาจมีความผิดปกติของระดับฮอร์โมนอื่นๆ เช่น โปรแลคติน (prolactin) ทีเอสเอช (TSH) และแอนโดเจน (androgen) เป็นต้น (อุมาพร, 2537)

การวินิจฉัยโรคอ้วน

การวินิจฉัยโรคอ้วนสามารถทำได้หลายวิธีโดยถ้าต้องการวัดว่าเป็นโรคอ้วนทั้งตัวจะวัดปริมาณไขมันในร่างกายว่ามีเท่าใดส่วนในการวัดปริมาณไขมันในช่องท้องและไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้องเพื่อบอกว่าเป็นโรคอ้วนลงพุงหรือไม่ในการวัดปริมาณไขมันในร่างกาย สามารถใช้เครื่องมือที่วัดไขมันในร่างกายโดยเฉพาะ แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากในทางปฏิบัติสามารถใช้ดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) เพื่อการวินิจฉัยโรคอ้วนทั้งตัวและอัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบสะโพก (waist-over-hip circumference ratio; WHR) เพื่อการวินิจฉัยโรคอ้วนลงพุง (วิชัย, 2539) นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วการวินิจฉัยและเกณฑ์วัดโรคอ้วนมีหลายวิธีสามารถสรุปได้ดังนี้

1. คำนวณจากค่าน้ำหนักตัวต่อส่วนสูง (weight for height; W/H)
2. คำนวณจากค่าดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI)
3. การวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (percentile body fat)
4. อัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบวงสะโพก (waist to hip ratio; WHR)

1. คำนวณจากค่าน้ำหนักตัวต่อส่วนสูง (weight for height, W/H) เป็นวิธีการที่ใช้การเปรียบเทียบน้ำหนักตัวผู้ป่วยกับน้ำหนักตัวเด็กปกติเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ที่มีความสูงเท่ากับผู้ป่วยแล้วนำมาคำนวณเป็นร้อยละ (พิภพ, 2538) ดังสูตร

$$\frac{\text{น้ำหนักตัวผู้ป่วย}}{\text{น้ำหนักตัวเด็กปกติเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 50 ที่มีความสูงเท่ากับผู้ป่วย}} \times 100$$

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งระดับความรุนแรงของโรคอ้วน โดยใช้ค่าร้อยละของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ของน้ำหนักตัวต่อส่วนสูง

ร้อยละของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ของน้ำหนักตัวต่อส่วนสูง	ความรุนแรง
120-140	อ้วนเล็กน้อย
140-160	อ้วนปานกลาง
> 160	อ้วนมาก

ที่มา: พิภพ (2538)

2. ค่าดัชนีมวลกาย(body mass index; BMI) เป็นค่าที่ได้จากน้ำหนัก (กิโลกรัม) ตัวหารด้วยความสูงยกกำลังสอง(เมตร) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรการคำนวณ ได้ดังนี้

$$\text{BMI (กก./ม}^2\text{)} = \text{น้ำหนัก(กิโลกรัม)} \ / \ \text{ส่วนสูง(เมตร)}^2$$

เกณฑ์ตัดสินโรคผอมและโรคอ้วนทั้งตัวโดยดัชนีมวลกาย ที่รายงานไว้ก่อนเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลกคือผู้มีดัชนีมวลกาย < 20 20.0 - 24.9 และ $\geq$ 25 กก./ม^2 จัดเป็นโรคน้ำหนักตัวน้อย น้ำหนักตัวปกติและโรคอ้วนตามลำดับ (วิชัย, 2539) การแบ่งความรุนแรงของโรคอ้วนเป็น 3 ระดับตามหลักการของ Garrow (1998) คือ ผู้ที่มีดัชนีมวลกาย 25.0 - 29.9 30.0 – 39.9 และ $\geq$ 40.0 กก./ม^2 จัดเป็นโรคอ้วนระดับ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

เกณฑ์ที่เราใช้พิจารณาตัดสินโรคอ้วนทั้งตัวโดยดัชนีมวลกายที่เสนอแนะให้ใช้ในคนไทย เพื่อให้สอดคล้องกับข้อเสนอแนะขององค์การอนามัยโลกและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อข้อมูลที่ศึกษาในประเทศไทยจัดให้ผู้ที่มีดัชนีมวลกาย 18.5 – 19.99 และ 25.0 – 29.99 กก./ม^2 เป็นโรคน้ำหนักตัวน้อยระดับ 1a ตามลำดับสอดคล้องกับการศึกษาของ Aree (2005) พบว่า ค่าดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายคือ ผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 23 กก./ม^2 หรือต่ำกว่า 18.5 กก./ม^2 มีอัตราตายสูงกว่าผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายระหว่าง 18.5-22.9 กก./ม^2 จึงมีเกณฑ์ เพื่อประเมินภาวะพลังงานที่สะสมในร่างกายของผู้ใหญ่ทุกอายุทั้งเพศหญิงและเพศชายเกณฑ์การตัดสินค่าดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) ที่เสนอแนะให้ใช้ในคนไทย

องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดให้คนปกติมีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ต่ำกว่า 18.5 กก./ม^2 จัดเป็นโรคน้ำหนักตัวน้อย (under weight) และมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กก./ม^2 จัดเป็นโรคน้ำหนักตัวเกิน (overweight) และได้แบ่งความรุนแรงของโรคน้ำหนักตัวเกิน เป็น 4 ระดับคือ น้ำหนักตัวเกินอ้วนระดับ 1 อ้วนระดับ 2 และอ้วนระดับ 3 โดยบุคคลเหล่านี้มีดัชนีมวลกายเท่ากับ 25.0-29.9 30.0-34.9 35.0-39.9 และมากกว่า 40.0 กก./ม^2 ตามลำดับและผู้ที่มีดัชนีมวลกาย 17.0-18.49 16.0-16.99 และน้อยกว่า 16.0 กก./ม^2 จัดเป็นโรคผอมระดับ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนตารางค่าดัชนีมวลกายนำเสนอในรูปแบบตารางเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับข้อเสนอแนะขององค์การอนามัยโลกและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อข้อมูลที่ศึกษาในประเทศไทยไว้แล้ว จึงจัดให้มีการใช้เกณฑ์การตัดสินค่าดัชนีมวลกายที่เสนอแนะให้ใช้ในคนไทย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงแนวทางการตัดสินโรคน้ำหนักตัวน้อยและโรคอ้วนในผู้ใหญ่อายุ > 20 ปี โดยใช้ดัชนีมวลกาย

ภาวะ	ดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) (กก./ม^2)
โรคผอม	
ระดับ 3	< 16.00
ระดับ 2	16.00 - 16.99
ระดับ 1 b	17.00 - 18.49
ระดับ 1 a	18.50 - 19.99
ปกติ	20.00 – 22.99
โรคอ้วน	
ระดับ 1 a	23.00 - 24.99
ระดับ 1 b	25.00 - 29.99
ระดับ 2	30.00 - 34.99
ระดับ 3	35.00 - 39.99 > 40.00

ที่มา: ราชวิทยาลัยอายุรแพทย์แห่งประเทศไทย (2544)

3. การวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (percentile body fat)

วิธีการวัดความหนาไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้เครื่องมือวัดไขมันใต้ผิวหนัง (standard - skinfold calipers) ปริมาณไขมันที่กระจายอยู่ใต้ผิวหนังทั่วร่างกายมีประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมด การวัดไขมันทั่วร่างกายจึงนิยมนำมาใช้ โดยตำแหน่งที่นิยมใช้วัดคือไขมันใต้ผิวหนังบริเวณ กล้ามเนื้อไทรเซ็ฟ (triceps) วัดจุดกึ่งกลางต้นแขนและไขมันใต้ผิวหนังที่ตำแหน่งต่ำกว่ากระดูกสะบัก (subscapular) ที่ตำแหน่งเหนือกระดูกเชิงกราน (suprailliac) และบริเวณหน้าท้องระดับสะดือ การวัดความหนาของไขมันที่ส่วนหลังต้นแขน (triceps skinfold) เป็นวิธีที่นิยมใช้ถ้าค่าไขมันใต้ผิวหนัง (TSF) ของผู้ป่วยมากกว่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 85 ของคนปกติ จัดว่าเป็นโรคอ้วน (พิภพ (2538); Dietz and Robinson (1993); Kelller and Stevens (1996)) การวัดวิธีนี้ต้องมีเครื่องมือ ที่มาตรฐานและผู้วัดควรมีความชำนาญในการวัด เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นมาตรฐาน เมื่อได้ค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ข้อควรจำง่ายๆ เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายสำหรับผู้หญิงไม่ควรเกิน 30 % และผู้ชายไม่ควรเกิน 25% เพราะอาจทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

	ช่วงอายุ (ปี)	ดี	ดีมาก
เพศหญิง	20-29	20.6-22.7	17.1-19.8
	30-39	21.6-24.0	18.0-20.8
	40-49	24.9-27.3	21.3-24.9
	50-59	28.5-30.8	25.0-27.4
	60+	29.3-31.8	25.1-28.5
เพศชาย	20-29	14.1-16.8	9.4-12.9
	30-39	17.5-19.7	13.9-16.6
	40-49	19.6-21.8	16.3-18.8
	50-59	21.3-23.4	17.9-20.6
	60+	22.0-24.3	18.4-21.1

ที่มา: กำพล (2543)

4. อัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบวงสะโพก (waist to hip ratio; WHR) คำนวณได้จาก

$$\text{WHR} = \frac{\text{เส้นรอบวงเอว (เซนติเมตร)}}{\text{เส้นรอบวงสะโพก (เซนติเมตร)}}$$

วิธีการเริ่มโดยวัดเส้นรอบวงเอวระดับสะดือและเส้นรอบวงสะโพกส่วนที่นูนที่สุดของสะโพก (gluteal protusion) เส้นรอบวงเอวเป็นดัชนีที่คาดคะเนมวลไขมันในช่องท้องและไขมันในร่างกายทั้งหมด ส่วนเส้นรอบวงสะโพกให้ข้อมูลด้านมวลกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกบริเวณสะโพก (WHO, 1998) สำหรับอัตราส่วนเส้นรอบวงสะโพกที่ใช้ตัดสินโรคอ้วนลงพุงในผู้ชายไทย และผู้หญิงไทย คือ มากกว่า 1.0 และมากกว่า 0.8 ตามลำดับอิงเกณฑ์ของ บียอนทรอป (Bjontorp, 1998) ในส่วนของ WHO (1998) ได้อิงเกณฑ์ของเจมส์ James (1996) โดยใช้ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบวงสะโพก มากกว่า 1.0 และ มากกว่า 0.85 ตัดสินโรคอ้วนลงพุงในผู้ชายและผู้หญิงตามลำดับ เพื่อให้สอดคล้อง WHO (1998) จัดให้ผู้หญิงที่มีเส้นรอบเอวต่อเส้นรอบวงสะโพกมากกว่า 0.80 – 0.85 และ มากกว่า 0.85 เป็นโรคอ้วนลงพุงระดับ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยในวัยผู้ใหญ่ของไทยอัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อรอบสะโพกสามารถประเมินโรคอ้วนลงพุงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินโรคอ้วนลงพุงในผู้ใหญ่ไทย

เพศ	อัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบวงสะโพก	สภาพร่างกาย
ชาย	> 1.00 เซนติเมตร	อ้วนลงพุงระดับที่ 1
หญิง	> 0.80 – 0.85 เซนติเมตร	อ้วนลงพุงระดับที่ 1
	> 0.85 เซนติเมตร	อ้วนลงพุงระดับที่ 2

ที่มา: สิริพันธุ์ (2545)

การวัดเส้นรอบวงเอวเพื่อตัดสินโรคอ้วนมีข้อดีหลายประการคือ การวัดทำได้ง่ายไม่สัมพันธ์กัน ส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับดัชนีมวลกาย และเป็นดัชนีที่คาดคะเนมวลไขมันในช่องท้องและไขมันในร่างกายทั้งหมด อย่างไรก็ตามยังไม่มีการกำหนดเกณฑ์สากลเพื่อตัดสินโรคอ้วนลงพุงโดยวัดเส้นรอบวงเอว เนื่องจากประชากรแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันในเรื่องของความเสี่ยงต่อโรคต่างๆที่สัมพันธ์กับเส้นรอบเอว (พรทิตา, 2545) จากการรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO, 1998) แนะนำว่า ค่าที่ควรใช้สำหรับชาวเอเชียในเพศชายคือ 90 เซนติเมตร และ 80 เซนติเมตร ในเพศหญิง เส้นรอบวงเอวเป็นเครื่องชี้วัดที่สำคัญมากในการประเมินความอ้วน การที่มีขนาดเส้นรอบวงเอวลดลงแม้น้ำหนักยังไม่ลดลงก็เกิดผลดีต่อสุขภาพได้ชัดเจน

การป้องกันและการรักษาโรคอ้วน

การป้องกันและการบำบัดรักษาโรคอ้วนต้องได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย เช่น สถานศึกษา หน่วยงานทั้งทางภาครัฐ และเอกชน สอดคล้องกับ Ozcelik *et al.* (2005) กล่าวว่า โรคอ้วนเป็นโรคที่เป็นปัญหาทางด้านสุขภาพร้ายแรง และเพิ่มอัตราการตาย โดยจะทำให้เกิดความดันสูง ระดับคลอเลสเตอรอล และภาวะต้านอินซูลินสูง เป้าหมายหลักเบื้องต้นของการลดน้ำหนักต้องลดประมาณ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวเดิม และสามารถพัฒนาสุขภาพได้ โดยจะลดอัตราเสี่ยงโรคอ้วน และโรคต่างๆ การควบคุมปริมาณพลังงานแคลอรี่ที่ได้รับและการเพิ่มการออกกำลังกายช่วยให้น้ำหนักตัวลดนอกจากนี้วิธีการป้องกันและการรักษาโรคอ้วนมีหลัก 4 ประการ คือ การป้องกันน้ำหนักตัวเพิ่ม การรักษาน้ำหนักตัวที่เป็นอยู่ การรักษาโรคที่พบร่วมกับโรคอ้วนและการลดน้ำหนักตัว (วิชัย และคณะ, 2544)และมีหลักวิธีการป้องกันและรักษาโรคอ้วนดังต่อไปนี้

1. ให้การศึกษาและการออกกำลังกาย (education and exercise) จะต้องให้ความรู้ในเรื่องอาหารควบคู่ไปกับความรู้เรื่องสุขภาพตั้งแต่ในวัยเด็กจนถึงวัยสูงอายุ โดยจะช่วยให้เด็กเข้าใจประโยชน์ของสารอาหารต่างๆได้ดีขึ้นเพื่อป้องกันการเกิดโรคอ้วนในวัยผู้ใหญ่ได้ ส่วนผลการออกกำลังกายต่อโรคอ้วนนั้นพบว่าจะช่วยเพิ่มการใช้พลังงานของร่างกายซึ่งทำให้น้ำหนักตัวลดลงและยังช่วยให้การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular fitness) พัฒนาขึ้นด้วย (ไกรสิทธิ์, 2533)

2. การควบคุมอาหาร (diet) การจำกัดปริมาณอาหาร ยังคงเป็นเกณฑ์ทั่วไปของการควบคุมน้ำหนัก การจำกัดอาหารในเด็กและวัยรุ่นจะต้องระวังมากเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นวัยที่กำลังเจริญเติบโต (ไกรสิทธิ์, 2533) สอดคล้องกับ อุมาพร (2537) กล่าวว่า มีความจำเป็นต้องสอบถามประวัติเกี่ยวกับการกินอาหารโดยละเอียดเพื่อให้สามารถคาดคะเนจำนวนและชนิดของอาหารที่ผู้ป่วยรับประทานอาหารในแต่ละวัน รวมทั้งทราบปัจจัยต่างๆที่ส่งเสริมให้รับประทานอาหารมากเกินไป โดยข้อมูลเหล่านี้ต้องนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ป่วย

3. การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการกิน (behavior modification) เป็นหลักการที่สำคัญมากและพบว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดในการควบคุมน้ำหนักในเด็ก และวัยรุ่นที่อ้วนโดยรูปแบบของโปรแกรมที่ปรับเปลี่ยนจะเน้นปรับพฤติกรรมการกินที่ไม่พึงประสงค์ เช่น พฤติกรรมการกินอาหารบ่อยครั้ง กินตามใจตนเอง สิ่งแวดล้อมต่างๆที่ชักจูงให้กินอาหารมากเกิน (ไกรสิทธิ์, 2533)

4. การรักษาด้วยยาควบคุมน้ำหนัก (drug) ปัจจุบันการรักษาโรคอ้วนด้วยยาบทบาทสำคัญในการรักษาโรคอ้วนระยะยาวร่วมกับวิธีการรักษาอื่นๆ และช่วยให้ผู้ป่วยคงสภาพน้ำหนักที่ลดแล้วได้ดี ข้อบ่งชี้ในการใช้ยาควบคุมน้ำหนัก ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 30 กก./ม^2 และการรักษาด้วยอาหาร การออกกำลังกาย และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไม่ได้ผล ผู้ป่วยที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25.0 - 29.9 กก./ม^2 ที่มีโรคอื่นร่วมด้วยและการรักษาด้วยอาหาร การออกกำลังกายและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไม่ได้ผล (วิชัย และคณะ, 2544)

5. การผ่าตัดเพื่อบำบัดโรคอ้วน การผ่าตัดนั้นใช้เฉพาะผู้ที่อ้วนมาก คือ ดัชนีมวลกายของร่างกายเกิน 35 กก./ม^2 การผ่าตัดเพื่อลดน้ำหนักตัวในผู้ป่วยโรคอ้วนมีหลัก2 ประการ คือ เพื่อจำกัดพลังงานที่บริโภคและเพื่อลดการดูดซึมอาหาร ปัจจุบันพบว่า การผ่าตัดโดยวิธี เวอร์ติคอน แบน แกสโทรพลาซี่ (vertical baned gastroplasy) และ รูเซน-วาย แกสติค บายพาส (rouxen Y gastric - bypass) เป็นการผ่าตัดที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักผู้ป่วยระยะยาว (วิชัย และคณะ, 2544ก)

โดยสรุปแล้วโรคอ้วนคือ ภาวะที่ร่างกายสะสมไขมันมากกว่าปกติ ซึ่งเป็น ปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคอ้วน ได้แก่ กรรมพันธุ์ ความผิดปกติของต่อมไร้ท่อและเมตาบอลิซึม ความผิดปกติของสมองส่วนกลาง ยา การรับประทานอาหารไม่ถูกสัดส่วน กับพลังงานที่ใช้ ในแต่ละวัน การขาดการออกกำลังกาย ปัจจัยด้านจิตใจและสิ่งแวดล้อมต่างๆ แต่ในปัจจัยทั้งหมด การกินอาหารและขาดการออกกำลังกายเป็นสาเหตุที่เด่นชัดที่สุดการได้รับพลังงานจากการรับประทานอาหารมากกว่าการใช้พลังงานไปในแต่ละวันจึงทำให้เกิดการสะสมพลังงานไว้ในรูปไขมันไว้ในร่างกาย โรคอ้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรัง ต่างๆเช่น โรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคข้อเสื่อม โรคเก๊าท์ โรคนิ่วในถุงน้ำดี โรคมะเร็ง เป็นต้น วิธีการรักษา มีหลายวิธี เช่น การออกกำลังกาย ควบคุมอาหาร การปรับพฤติกรรมการกิน การรักษาด้วยยาและการผ่าตัด วิธีการใช้ยาและการผ่าตัดเพื่อรักษาโรคอ้วนนั้นเป็นวิธีการที่มีผลแทรกซ้อนมาก วิธีการรักษาที่ได้รับความนิยมอีกอย่างหนึ่ง คือ การควบคุมอาหาร ออกกำลังกาย ดังนั้นจากวิธีการรักษาข้างต้นที่ได้กล่าวมา วิธีการป้องกันและการรักษาโดยใช้การออกกำลังกาย เข้ามาช่วยในการป้องกันและรักษาโรคอ้วนเป็นสิ่งที่ทำได้ง่ายไม่เสียค่าใช้จ่ายมากนัก สามารถออกกำลังกายได้ทุกสถานที่ และที่สำคัญการออกกำลังกายยังช่วยเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย และช่วยในการควบคุมน้ำหนักของผู้ที่เป็นโรคอ้วนได้อีกด้วย

การออกกำลังกายในคนอ้วน

การออกกำลังกายกับการลดน้ำหนักในคนอ้วน

การออกกำลังกายในคนอ้วนจะส่งผลให้มีการพัฒนาทางด้านสุขภาพที่ดี (health related - fitness) และเพิ่มสมรรถภาพทางร่างกาย (performance related) โดยการออกกำลังกายในคนอ้วนเป็นการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ เป็นการออกกำลังกายที่ช่วยให้หัวใจ ปอด และระบบการไหลเวียนเลือดทำงานดีขึ้น ควบคุมปริมาณไขมันในร่างกายให้มีสัดส่วนที่เหมาะสม เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscle strength) และช่วยให้ข้อต่อต่างๆเคลื่อนไหวได้เต็มพิกัด (joint flexibility) ช่วยป้องกันและลดความรุนแรงของโรคต่างๆที่อาจเกิดขึ้นจากการเสื่อมสภาพทางร่างกาย เช่น หลอดเลือดหัวใจตีบ ความดันโลหิตสูง โรคอ้วน และปัญหาตามข้อต่อและกล้ามเนื้อ (รัตนาวดี, 2549) การออกกำลังกายเพื่อการลดน้ำหนักในคนอ้วนส่วนใหญ่มักเป็นการออกกำลังแบบแอโรบิก (aerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายชนิดที่ร่างกาย มีการเคลื่อนไหวต่อเนื่อง มีการใช้ออกซิเจนตลอดในขณะออกกำลังกาย ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก

ร่างกายจะตอบสนองโดยหัวใจจะเต้นเร็วขึ้น ความดันโลหิตจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย การออกกำลังกาย แบบแอโรบิกนี้กล้ามเนื้อได้พลังงานการใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญสารอาหาร กล้ามเนื้อแขนและขาจะเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาและทำให้มีความรู้สึกเหนื่อย โดยให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ระดับ 50 – 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นเวลานานกว่า 20 นาที จะมีผลดีต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งการควบคุมน้ำหนัก เพราะร่างกายจะใช้สารอาหารจากไขมันเป็นหลักในการเผาผลาญเพื่อให้ได้พลังงาน รูปแบบที่นิยมทั่วไปได้แก่ การวิ่งเหยาะ เดินเร็ว ปั่นจักรยาน ว่ายน้ำ และเต้นแอโรบิก เป็นต้น (ไวพจน์, 2544)

เนื่องจากข้อจำกัดทางกายวิภาคและสรีรวิทยาของคนอ้วน โปรแกรมที่ใช้ในผู้ป่วยโรคอ้วนมักเป็นการออกกำลังกายในลักษณะที่ค่อยๆเพิ่มความหนักขึ้นเมื่อร่างกายมีการพัฒนาขึ้น (progressive intensity exercise programs) เพื่อให้ร่างกายมีเวลาเพียงพอในการปรับตัวก่อนที่จะเข้าสู่โปรแกรมการออกกำลังกายตามปกติ ซึ่งอาจต้องใช้เวลานาน 1-2 เดือนหรือจะมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับสภาพร่างกายของแต่ละคน ไม่ควรเพิ่มความหนักในขณะที่สภาพร่างกายผู้ป่วยไม่พร้อม ซึ่งนอกจากจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพแล้วยังอาจทำให้ผู้ป่วยเกิดความท้อแท้และหมดกำลังใจเมื่อปฏิบัติไม่ได้ตามที่กำหนด ในรายที่อ้วนมากๆอาจเริ่มต้นด้วยกายบริหารง่ายๆที่ทำได้ทั้งในท่านั่งหรือท่านอนหรือยืนอยู่กับที่ เช่น การยกแขน ยกขา แกว่งแขน บิดตัว หรือบริหารร่างกายเพื่อยืดกล้ามเนื้อ (stretching exercise) กระทั่งผู้ป่วยเกิดความเคยชิน จากนั้นจึงค่อยเพิ่มความหนัก (intensity) และระยะเวลา (duration) ขึ้นที่ละน้อยกระทั่งเข้าสู่โปรแกรมตามปกติ การเลือกการออกกำลังกายประเภทใดก็ให้พิจารณาตามสมรรถภาพทางกาย ความพร้อม ความชอบ และความสะดวกของผู้ป่วย เช่น ให้เดินเร็วๆบนลู่กล ปั่นจักรยานอยู่กับที่ หรือเล่นเกมส์ทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ผู้เล่นเป็นทีมเพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและเข้าสังคมได้ดีขึ้น นอกจากนี้การออกกำลังกายในน้ำ เช่น เดินในน้ำ วิ่งในน้ำ หรือว่ายน้ำก็นับว่าเป็นการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับคนอ้วน เพราะน้ำจะช่วยพยุงตัวผู้ป่วยไว้ ลดแรงกระแทกที่ข้อต่อ ป้องกันไม่ให้ผู้ป่วยได้รับบาดเจ็บ ในคนอ้วนที่เป็นโรคหัวใจหรือความดันโลหิตสูงต้องหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายที่ต้องใช้แรงต้านมากๆ เช่น การยกน้ำหนัก (weight lifting) เพราะจะทำให้โรคมีอาการเพิ่มและอาจเป็นอันตรายได้ แต่บางครั้งถ้าต้องการฝึกควรเริ่มด้วยน้ำหนักเบาๆก่อน แล้วค่อยเพิ่มความหนักขึ้นโดยสามารถฝึกร่วมกับการออกกำลังกายชนิดแบบแอโรบิกได้ สามารถแบ่งรูปแบบกิจกรรมการออกกำลังกายในคนอ้วน ได้ดังนี้

1. การออกกำลังกายหนักช่วงสั้นๆ ระหว่างการออกกำลังกายปกติ โดยจะช่วยกระตุ้นการหลั่งของฮอร์โมนอะดรีนาลีน และฮอร์โมนความเครียดชนิดอื่น และหลังการออกกำลังกาย 30 นาที จะเกิดการใช้แคลอรี่ในอัตราที่สูงขึ้น 70 แคลอรี่ โดยเป็นการเผาผลาญไขมันเป็นส่วนใหญ่ และผลจากการสำรวจของผู้เชี่ยวชาญด้านเวชศาสตร์การกีฬา พบว่าการออกกำลังกายช่วยควบคุมน้ำหนักได้ดีที่สุด

2. การเดินเร็วหรือการวิ่งเหยาะๆ (jogging)เป็นเวลาติดต่อกันรวดเร็ว 30 นาที จะเผาผลาญแคลอรี่ได้มากคือ 1 ชั่วโมง สามารถเผาผลาญพลังงาน 800 – 1000 แคลอรี่

3. การบริหารกล้ามเนื้อได้แก่ โยคะ การบริหารกล้ามเนื้อเฉพาะส่วน การผ่อนคลายด้วยกิจกรรมกีฬา ช่วยในการเผาผลาญไขมัน เพิ่มความแข็งแรง และความอ่อนตัว

4. การยกน้ำหนัก สามารถเพิ่มการเผาผลาญพื้นฐานได้ร้อยละ 9 ภายใน 18 สัปดาห์โดยเพิ่มปริมาณกล้ามเนื้อได้ประมาณ 2 กิโลกรัม และมีการเผาผลาญแคลอรี่ได้มากขึ้นตลอดทั้งวันแม้ขณะนอนหลับ

5. ความคล่องตัวเสมอจะทำให้มีการเผาผลาญแคลอรี่มากกว่าอยู่เฉยๆ และทักษะดังกล่าวยังก่อให้เกิดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การทรงตัว ความกระฉับกระเฉง ว่องไว รูปร่างดี ชะลอความเสื่อมของอวัยวะตลอดจนระบบต่างๆในร่างกาย อาทิ ปอด หัวใจ หลอดเลือด แม้แต่ระบบขับถ่ายให้ดี

ความหนักในการออกกำลังกายและชนิดการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์ทางด้านสุขภาพ ดังนั้นจึงควรกำหนดให้เหมาะสมกับแต่ละคน สอดคล้องกับ Despres (1994) กล่าวว่า การออกกำลังกายในการควบคุมน้ำหนักมีประเด็นสำคัญ 2 ข้อ คือ ทำให้องค์ประกอบของร่างกาย (body - composition) มีความสมบูรณ์ ทำให้ มวลที่ปราศจากไขมัน (fat free mass) สูญเสียลดลงน้อย และทำให้สัดส่วนของ มวลไขมัน (fat mass) ลดลงอย่างมาก และเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาผลาญพลังงาน

นอกจากนี้ Hills *et al.* (1998) กล่าวถึงปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกกำลังกายของคนที่เป็นโรคอ้วน

1. ความหนัก (intensity)
2. ระยะเวลา (duration)
3. ความถี่บ่อยในการออกกำลังกาย (frequency)
4. ชนิดของการออกกำลังกาย (mode / type of exercise)
5. วิธีการกำหนดความหนักในการออกกำลังกาย (methods of assessing exercise-intensity) เช่น ใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
6. เครื่องตรวจดูความก้าวหน้าในการออกกำลังกาย (monitoring of progress)
7. การประเมินเป้าหมายและผลลัพธ์ที่ได้จากการออกกำลังกายของผู้ป่วย

ประโยชน์และปัญหาในการออกกำลังกายในคนอ้วน

การออกกำลังกายควบคู่ไปกับการควบคุมอาหาร จะช่วยป้องกันหรือลดความรุนแรงของโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และภาวะระดับไขมันในเลือดสูง ทำให้ลด ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจลดลง (Blair,1996) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและคลายเครียดได้ การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอในคนอ้วน ถึงแม้ว่าการออกกำลังกายจะไม่ทำให้น้ำหนักตัวลดลงแต่จะช่วยควบคุมน้ำหนักตัวไม่ให้เพิ่มขึ้น (Miller, 1997) ทำให้สัดส่วนของไขมันลดลงโดยเฉพาะไขมันที่หน้าท้อง นอกจากนี้เรายังพบปัญหาและอุปสรรคของการออกกำลังกายในคนอ้วน ดังที่ รัตนวดี (2549) แบ่งเป็น 2 ปัญหา คือ

1. ปัญหาทางด้านแรงจูงใจและความร่วมมือของผู้ป่วย

เป็นปัญหาใหญ่และเป็นเหตุให้เกิดความล้มเหลวในด้านการรักษาสูง ปัญหาในเรื่องแรงจูงใจ เวลา และ ความสม่ำเสมอในการออกกำลังกายนั้นถือเป็นอุปสรรคที่สำคัญที่สุดในการรักษาโรคอ้วน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยอ้วนวัยกลางคนที่มักจะติดภารกิจการงานต่างๆไม่สามารถแบ่งเวลามาได้ ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรมการออกกำลังกายที่จะมีผลในการควบคุมน้ำหนักนั้นต้องใช้เวลาครั้งละ 1 ชั่วโมงเป็นจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเหตุให้ผู้ป่วยไม่สามารถเข้าร่วมโปรแกรมได้อย่างสม่ำเสมอ

2. ปัญหาทางสุขภาพ

ก่อนเริ่มจัดโปรแกรมการออกกำลังกายให้กับคนอ้วน ควรประเมินสุขภาพก่อนเริ่มโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อความปลอดภัยระหว่างออกกำลังกาย โดยทำการซักประวัติและตรวจร่างกายโดยละเอียด ตรวจหาระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ตรวจคลื่นหัวใจ ถ่ายภาพรังสีปอด และวัดสมรรถภาพปอด เนื่องจากคนอ้วนมักจะเสี่ยงต่อการมีโรคหรือภาวะที่เป็นข้อห้ามในการออกกำลังกายอยู่หลายอย่าง นอกจากนี้อาจต้องประเมินสมรรถภาพทางหัวใจและหลอดเลือดสมรรถภาพปอด และความพร้อมทางร่างกายว่าจะออกกำลังกายได้มากน้อยเพียงใดโดยการทำการทดสอบก่อนออกกำลังกาย (exercise test) ก่อนที่ทำการจัดโปรแกรมให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละคน และควรมีการให้คำแนะนำในการออกกำลังกายที่ถูกต้องให้กับคนอ้วน

สรุปการออกกำลังกายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรักษาโรคอ้วนที่ควรใช้ควบคู่ไปกับการควบคุมอาหาร ถึงแม้ว่าจะไม่หวังผลในแง่การลดน้ำหนักหรือไขมันส่วนเกินมากนักแต่มีประโยชน์ต่อการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด สามารถลดความรุนแรงของโรคต่างๆที่พบได้บ่อยในคนอ้วน มีผลดีทางจิตใจและส่งเสริมการอยู่ร่วมกันในสังคม โปรแกรมการออกกำลังกายควรจัดให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละคน โดยโปรแกรมการออกกำลังกายจะได้ผลในการลดน้ำหนักและไขมันของผู้ป่วยชายมากกว่า และถ้าเป็นผู้หญิงที่อ้วนพบว่าโปรแกรมการออกกำลังกายจะได้ผลในพวกมีไขมันพอกบริเวณหน้าท้องดีกว่าพวกที่มีไขมันพอกบริเวณสะโพกและต้นขา (Despres , 1991) การออกกำลังกายในคนอ้วนคำนึงถึงความปลอดภัย ความพร้อม ความชอบ และความสะดวกของผู้ป่วยเป็นสำคัญ พร้อมให้คำแนะนำเฝ้าระวังและติดตามการรักษาอย่างเหมาะสม เพื่อให้ผู้ป่วยเกิดความมั่นใจและสามารถดำเนินโปรแกรมด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ปริมาณสูงสุดของการลดน้ำหนักร่างกายที่เหมาะสม ควรลดน้ำหนักประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักร่างกายต่อสัปดาห์ ถ้าลดน้ำหนักร่างกาย มากกว่า 1 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ จะทำให้น้ำหนักของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและไกลโคเจนที่สะสมลดลง โอกาสเกิดภาวะขาดน้ำสูงขึ้น วิตามินและเกลือแร่ในร่างกายลดลง สอดคล้องกับ สนธยา (2547) กล่าวว่า การลดน้ำหนักร่างกายอย่างรวดเร็วในระยะเวลาสั้นๆ จะทำให้เกิดภาวะขาดน้ำ และเกิดผลข้างเคียงต่อการทำงานของร่างกาย คือ ความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อลดลง ความอดทนของร่างกายลดลงจากการลดลงของปริมาณเลือด น้ำเลือด ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย และการควบคุมอุณหภูมิร่างกายบกพร่อง นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายที่มีผลต่อการลดน้ำหนัก และการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของคนอ้วน ดังนี้

Ross (2006) ทำการศึกษาผลของกิจกรรมที่ทำในชีวิตประจำวัน และการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในผู้หญิงอ้วน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้หญิงอ้วน 40 คน มีค่าดัชนีมวลกาย 32.9 กก./ม.^{2} ทำการศึกษาเพื่อประเมิน 16 สัปดาห์ และ 1 ปี โดยรูปการออกกำลังกายแบบแอโรบิค และการทำกิจกรรมประจำวัน ที่ความหนักระดับกลาง ที่ระดับการใช้พลังงาน 7 – 8.5 METs ต่อวัน เป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ใช้เวลา 45 นาที และการทำกิจกรรมประจำวัน 30 นาที ต่อวัน ผลการทดลองพบว่า มีการเปลี่ยนแปลง ของน้ำหนักตัว องค์ประกอบของร่างกาย แบบประเมินความเสี่ยงต่อระบบหายใจไหลเวียนเลือด และสมรรถภาพทางกาย ในกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักลดในช่วง 16 สัปดาห์ มากกว่า กลุ่มที่ทำกิจกรรมประจำวัน ในกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิก มีความแตกต่างในการสูญเสียมวล ไขมันอิสระ น้อยกว่า กลุ่มที่ทำกิจกรรมประจำวัน โดยติดตามผล 1 ปี ในกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีน้ำหนักลด 5.5 กิโลกรัมและกลุ่มที่ทำกิจกรรมประจำวันมีน้ำหนักลด 4.6 กิโลกรัม ในระยะเวลา 16 สัปดาห์ ระดับของไตรกลีเซอไรด์ และผลรวมของระดับ คลอเลสเตอรอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สรุปโปรแกรมการลดน้ำหนักร่วมกับทำกิจกรรมประจำวัน จะส่งผลให้มีสุขภาพดีเหมาะสำหรับใช้ในการลดน้ำหนักและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแบบแอโรบิกให้กับผู้หญิงอ้วน

จากข้อมูลที่กล่าวมาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในคนอ้วนจะพบว่ากิจกรรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีส่วนช่วยในการควบคุมน้ำหนัก กิจกรรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีหลายแบบ ซึ่งสามารถทำการออกกำลังกายได้ทั้งบนบกและในน้ำ ปัจจุบันการออกกำลังกายในน้ำเริ่มเป็นที่นิยมอย่างมากที่จะใช้เพื่อควบคุมน้ำหนักในคนอ้วนจะเห็นได้ตามโรงพยาบาล ศูนย์สุขภาพ ต่างๆ เพราะน้ำมีคุณสมบัติหลายอย่างที่ช่วยป้องกันการบาดเจ็บในขณะออกกำลังกายในคนอ้วนและยังช่วยพัฒนาด้านสมรรถภาพทางกายของคนอ้วนได้ การออกกำลังกายในน้ำมีหลายรูปแบบ เช่น การเดิน การวิ่ง การเต้นแอโรบิกในน้ำ นอกจากนี้ยังมีการฝึกแบบวงจรที่เป็นรูปแบบหนึ่งของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ที่สามารถนำมาใช้ฝึกในคนอ้วนเพื่อช่วยเสริมสร้างสมรรถภาพทางด้านร่างกายและควบคุมน้ำหนักในคนอ้วน

การฝึกแบบวงจร

ความหมายของการฝึกแบบวงจร

การฝึกแบบวงจร (circuit training) เป็นรูปแบบการฝึกอีกรูปแบบหนึ่งที่มีการรวมกิจกรรมที่พัฒนาสมรรถภาพทางกายในด้านต่างๆ ซึ่งในหนึ่งวงจรจะมีสถานีย่อยที่แตกต่างกัน โดยจะมีการกำหนดเวลาที่ใช้ฝึกแต่ละสถานีเอาไว้ การฝึกแบบวงจรตลอดช่วงการฝึกจะไม่มีการหยุดพัก ผู้ฝึกจะต้องเคลื่อนไหวตลอดเวลา ไปยังสถานีถัดไปจนครบวงจร การฝึกแบบวงจรนั้นเริ่มถูกนำมาใช้เพื่อฝึกนักกีฬา และพัฒนาสมรรถภาพบุคคลทั่วไป การฝึกแบบวงจรนั้นได้มีการคิดค้นขึ้นเมื่อประมาณปี ค.ศ.1950 ผู้คิดค้นคือ Morgan และ Anderson แห่งภาควิชาพลศึกษา มหาวิทยาลัยลีดส์ ประเทศอังกฤษ ได้มีผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความหมายของการฝึกแบบวงจรดังนี้

เจษฎา (2530) กล่าวว่า การฝึกแบบวงจร เป็นวิธีการฝึกเพื่อปรับปรุงสมรรถภาพทางกายและทางกลไกการเคลื่อนไหว ซึ่งการฝึกแบบนี้เกี่ยวข้องกับกลุ่มของการประกอบกิจกรรมการเคลื่อนไหวลักษณะต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การฝึก กิจกรรมเหล่านั้นกำหนดขึ้นมาโดยผู้ฝึกสอนแบ่งแยกการฝึกออกเป็นสถานี โดยมีผู้รับการฝึกประจำทุกสถานีหมุนเวียนเปลี่ยนกิจกรรม ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี

สนธยา (2547) กล่าวว่า การฝึกแบบวงจร เป็นการฝึกซ้อมโดยจัดเป็นสถานีหลายสถานี โดยสลับกลุ่มกล้ามเนื้อจากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง ในหนึ่งรอบการฝึกจะประกอบด้วยการออกกำลังกายอย่างน้อยสุด 6-9 สถานี ปานกลาง 9-12 สถานี หรือ มากสุด 12 –15 สถานี ช่วงเวลาพักระหว่างสถานีสามารถใช้เวลาระหว่าง 60 – 90 วินาที และ 1 – 3 นาที ระหว่างรอบการฝึกซ้อม และที่สำคัญความหลากหลายของสถานียังเพิ่มความสนใจให้กับผู้ฝึกตลอดเวลา

สุพิตร และวัลลีย์ (2532) ได้กล่าวว่า การฝึกแบบวงจร เป็นเทคนิควิธีหนึ่งที่ใช้ออกกำลังกายเพื่อมาช่วยในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายโดยส่วนรวม การฝึกแบบวงจรประกอบด้วยรายละเอียดท่าการออกกำลังกายที่กำหนดไว้ในสถานีต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมที่แตกต่างกันไป ในการปฏิบัตินักเรียนจะย้ายไปตามสถานีต่างๆซึ่งอาจจะเป็นกลุ่มเล็กๆ หรือไปทีละคนก็ได้ นักเรียนจะได้ปฏิบัติท่าทางการออกกำลังกายในแต่ละสถานี ตามระยะเวลาหรือจำนวนครั้งที่กำหนด

อนันต์ (2538) ได้กล่าวถึงการฝึกแบบวงจรไว้ว่า การฝึกแบบวงจรสถานี (circuit training) เป็นการฝึกที่เน้นความแข็งแรง ควบคู่ไปกับความอดทน การฝึกจะทำไปทีละสถานี ทำในระยะเวลาอันสั้นเท่าที่จะทำได้แล้วเปลี่ยนไปสถานีอื่น การกำหนดกิจกรรมในแต่ละสถานีนั้นต้องให้เหมาะสมกับสภาพนักกีฬาแต่ละคน จำนวนครั้งที่ทำ จำนวนสถานี และกิจกรรม จะต้องกำหนดบนพื้นฐานของนักกีฬาแต่ละคน แต่อย่างน้อยแต่ละสถานีจะต้องทำซ้ำ (number of repetition) จำนวน 3 ครั้ง ควรจะทำการบันทึกเวลาแต่ละสถานี บันทึก การทำซ้ำ และเวลาทั้งหมดที่ทำของแต่ละคนไว้ทุกครั้ง ถ้าผู้ฝึกต้องการฝึกความเร็วก็ทำซ้ำน้อยครั้ง แต่ต้องทำให้เร็วที่สุดในแต่ละสถานี ถ้าผู้ฝึกต้องการความอดทนก็ให้ทำซ้ำในแต่ละสถานี การฝึกชนิดนี้การเพิ่มความเร็วในการกระทำนั้น เร็วขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มความหนักของงานและจะทำให้นักกีฬามีสมรรถภาพทางกายดีขึ้น สถานีกิจกรรมควรมีตั้งแต่ 9 - 10 สถานี ข้อได้เปรียบของการฝึกแบบสถานีก็คือ ผู้ฝึกสามารถจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับชนิดกีฬานั้นๆ ได้ และทำเป็นหมู่ได้ ต่างคนต่างทำตามความสามารถของตนเอง และจดบันทึกเวลา และจำนวนครั้งไว้ เพื่อการกระตุ้นนักกีฬามีกำลังใจ ทำเวลาให้ดีขึ้นในครั้งต่อไป และถ้าจะให้ดีก็อาจจะมีการแข่งขันในด้านการทำเวลาให้ดีขึ้นของแต่ละคน อาจจะจับคู่หรือเป็นทีมก็ได้ เพื่อเป็นแรงกระตุ้นให้นักกีฬาตั้งใจฝึกซ้อมมากขึ้น

อนงค์ (2542) ได้กล่าวถึง การฝึกแบบวงจรไว้ว่า เป็นการออกกำลังกายแบบหนึ่งที่นำเอากิจกรรมการออกกำลังกายหลายๆอย่างผสมผสานกัน โดยจัดเป็นสถานี ซึ่งในแต่ละสถานีจะมีกิจกรรมที่แตกต่างไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการฝึกว่าต้องการให้เกิดผลในด้านใดในการฝึกนั้น ผู้ฝึกจะต้องปฏิบัติตามที่ได้กำหนดเอาไว้ ไม่ว่าจะเป็นจำนวนครั้งในการทำกิจกรรมแต่ละสถานี หรือเวลา ที่กำหนดเอาไว้เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแต่ละสถานี ผู้ฝึกจะต้องหมุนเวียนไปสู่สถานีอื่นจนครบทุกสถานี โดยจะต้องปฏิบัติต่อเนื่องกันไป ไม่มีการหยุดพักแต่อย่างใด

Robergs and Roberts (1996) กล่าวถึงการฝึกแบบวงจรว่า เป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกความแข็งแรงที่ใช้ท่าการฝึกต่างๆรวมกันเป็นชุดหนึ่งๆ การฝึกแบบวงจรเป็นวิธีการฝึกที่ให้ผลดีในการพัฒนาความแข็งแรงและความอ่อนตัว และยังเพิ่มความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจได้ด้วย

สอดคล้องกับ American College of Sports Medicine (1990) กล่าวว่า การออกกำลังกายแบบวงจรประกอบไปด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การฝึกความอดทนของระบบหายใจไหลเวียนเลือด โดยมีการฝึกหลายสัปดาห์ ผลของการฝึกแบบวงจร

สามารถพัฒนาสมรรถภาพด้านแอโรบิก และลดเปอร์เซ็นต์ไขมันเพื่อการมีสุขภาพที่ดี และยังพัฒนาความสามารถสูงสุดของระบบแอโรบิกโดยสามารถเพิ่มระดับสมรรถภาพที่เคยต่ำให้สูงขึ้นได้

จากความหมายที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การฝึกแบบวงจร เป็นการออกกำลังกายอีกรูปแบบหนึ่งที่ นำกิจกรรมการออกกำลังกายหลายๆรูปแบบมาผสมผสาน โดยมีการจัดเป็นสถานี โดยในแต่ละสถานีจะมีกิจกรรมการออกกำลังกายที่ต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เช่น การฝึกเพื่อพัฒนาระบบไหลเวียนเลือดและการหายใจ ความแข็งแรง ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว โดยในแต่ละสถานีจะมีเวลา หรือ จำนวนครั้งในการกำหนด เมื่อปฏิบัติครบตามกำหนดในแต่ละสถานีผู้ฝึกต้องหมุนเวียนไปสถานีต่อไปจนครบทุกสถานี โดยไม่มีการพักระหว่างการฝึกแต่ละสถานี

หลักในการสร้างโปรแกรมการฝึกแบบวงจร

Howley and Franks (1992) ได้กล่าวว่า การฝึกแบบวงจรเป็นวิธีที่ได้ผลดีในการสร้างโปรแกรมการออกกำลังกาย จุดสำคัญอยู่ที่การทำให้มีความหลากหลายมากที่สุดในการออกกำลังกายทำให้กล้ามเนื้อขยายใหญ่มากกว่าการออกกำลังกายแบบใดแบบหนึ่งแบบเดียว และยังรวมการออกกำลังกายหลายแบบสำหรับสมรรถภาพทุกด้าน ซึ่งมีหลักการฝึกดังนี้

1. เคลื่อนที่จากอุปกรณ์การออกกำลังกายอย่างหนึ่งไปอีกอย่างหนึ่ง โดยมีช่วงเวลาพักสั้น อาจจะมีการออกกำลังกายโดยใช้จักรยานวัดงานเป็นเวลา 5 – 10 นาที แล้ววิ่งบนลู่กล หลังจากนั้นไปใช้เครื่องออกกำลังกายแบบกรรเชียงเรือ แล้วใช้เครื่องก้าวขึ้นลงและต่อไปเรื่อยๆ

2. เป็นการฝึกที่เน้นเฉพาะส่วนของกล้ามเนื้อ เช่น เสริมสร้างความแข็งแรง และความทนทานของกล้ามเนื้อที่ใช้กันทั่วไป จะต้องฝึก 2-3 เซต ก่อนเคลื่อนที่ไปสถานีอื่นต่อไป

3. การฝึกจะเคลื่อนที่ไปตามสถานีที่จัดเรียงไว้ตามลำดับ ซึ่งแต่ละสถานีจะต้องฝึกให้ได้ 1 รอบ ในอุปกรณ์นั้น ๆ เช่น สถานีอบอุ่นร่างกาย สถานีฝึกความอ่อนตัว หรือการฝึกด้วยน้ำหนักเป็นแรงต้านในการออกกำลังกาย สถานีฝึกแบบแอโรบิก กิจกรรมจะเริ่มจากขั้นเริ่มต้นไปสู่ระดับกลางตามเป้าหมายของการฝึก การฝึกจะทำซ้ำๆ ตามระยะเวลา จำนวนครั้งตามที่ระบุไว้แต่ละสถานี และแต่ละสถานีจะต้องเหมาะสมกับการทำงานของชีพจรเป้าหมายด้วย

สอดคล้องกับ พิชิต (2535) ได้เสนอหลักทั่วไปในการกำหนดการฝึกแบบวงจรไว้ว่า ทุกสถานีควรมีเจ้าหน้าที่ประจำ เพื่อตรวจสอบหรือบันทึกผลการปฏิบัติ ต้องมีท่ากายบริหารที่เหมาะสม มีการหมุนเวียนไปตามสถานีอย่างต่อเนื่องรวดเร็วภายในเวลาที่กำหนด ควรฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ และฝึกอย่างน้อย 6 สัปดาห์ติดต่อกันแต่ละสถานีไม่ควรฝึกกล้ามเนื้อซ้ำกลุ่มเดียวกัน มีการกำหนดเวลาหรือจำนวนครั้งในแต่ละสถานี และกำหนดเวลารวมของทุกสถานีโดยทั่วไปควรอยู่ระหว่าง 30 – 40 นาที มีการให้สัญญาณเพื่อบอกเวลาหมดและเปลี่ยนสถานี

นอกจากนี้ในการฝึกแบบวงจร ชิตพงษ์ และคณะ (2528)ได้กล่าวถึงปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อการสร้างโปรแกรมการฝึกแบบวงจร 8 ประการ คือ

1. ความหนักเบา (intensity)
2. ระยะเวลาที่ใช้ (duration)
3. ความถี่ (frequency)
4. การกำหนดวัน(placement)
5. สมรรถภาพทางกายเดิมของผู้ฝึก (initial level of fitness)
6. อายุ (age)
7. เพศ (sex)
8. ความยาวนานของการฝึก (length)

ประโยชน์ของการฝึกแบบวงจร

การฝึกแบบวงจร เป็นรูปแบบการฝึกอีกรูปแบบหนึ่งที่มีประโยชน์ ดังที่ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการออกกำลังกายได้กล่าวไว้ดังนี้

พลพักษ์ (2538) ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่ได้จากการฝึกแบบวงจร คือ การพัฒนาสมรรถภาพทางกายของผู้ฝึกโดยรวม ไม่ว่าจะเป็นด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต ความอ่อนตัว ความคล่องแคล่ว ความสมดุล เป็นต้น นอกจากนี้การฝึกในลักษณะนี้ยังสามารถประยุกต์วิธีดำเนินการไปใช้ในการฝึกทักษะกีฬา หรือการทดสอบก็ได้ ทั้งนี้ก็แล้วแต่วัตถุประสงค์ของผู้ฝึกว่าต้องการให้ผู้เข้ารับการฝึกเกิดผลในด้านใดเป็นหลักสำคัญของการฝึกในครั้งนั้น สอดคล้องกับ Wilmore and Costill (1994) กล่าวสนับสนุนผลดีของการฝึก

แบบวงจรว่า ในการฝึกแบบวงจรจะเป็นการใช้ท่าการฝึกหรือกิจกรรมต่างๆที่เลือกสรรไว้แล้วชุดหนึ่งตามลำดับที่กำหนดเอาไว้เรียกว่าวงจร โดยที่วงจรหนึ่งๆจะมี 6-10 สถานีแต่ละสถานีจะเป็นการฝึกเฉพาะอย่างเช่น ท่าดันพื้น หรือท่ายกบาร์เบล หลังจากนั้นจะเคลื่อนไปยังสถานีต่อไปโดยควรจะเคลื่อนไปให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ การพัฒนาจะเห็นได้จากการที่สามารถทำได้ครบวงจรโดยใช้เวลาน้อยลง หรือได้งานมากขึ้นในแต่ละสถานีหรือทั้งสองอย่างรวมกัน นอกจากนี้การที่ได้วิ่งในขณะที่เปลี่ยนสถานีจะช่วยเสริมสร้างระบบไหลเวียนโลหิตไปด้วยโดยเฉพาะถ้ามีการขยับแต่ละสถานีให้ห่างกันมากขึ้น เมื่อนำการฝึกแบบวงจรมาใช้ร่วมกับการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบเดิมก็มักจะเรียกว่า การฝึกโดยใช้แรงต้านแบบวงจร (circuit resistance training) ได้มีผู้เชี่ยวชาญได้ศึกษาการฝึกแบบสถานีที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย และการควบคุมน้ำหนักในคนทั่วไปและคนที่เป็นโรคอ้วนดังนี้

อดิสร (2539) ได้ศึกษา ผลการฝึกแบบหมุนเวียนที่มีต่อความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและเปอร์เซ็นต์ไขมันของผู้ชายสูงอายุ ระหว่าง 55-65 ปี ที่มิได้ออกกำลังกายเป็นประจำจำนวน 28 คนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 14 คน คือ กลุ่มออกกำลังกายตามโปรแกรมและกลุ่มควบคุมใช้เวลาในการฝึก 10 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 1 ชั่วโมง ขณะฝึกทำการวัดสมรรถภาพทางกายในด้านอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว โคเลสเตอรอล-ไตรกลีเซอไรด์ กลูโคส ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด คลื่นอาร์ (R-wave) คลื่นที (T-wave)และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายแล้วนำผลที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติ ผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก โคเลสเตอรอล ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด คลื่นอาร์ (R-wave) คลื่นที (T-wave) และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมพบว่า มีความแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ไตรกลีเซอไรด์ และกลูโคสระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก โคเลสเตอรอล ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดและเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ก่อนการฝึก หลังการฝึก 5 สัปดาห์และหลังการฝึก 10 สัปดาห์ของกลุ่มทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และ ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ไตรกลีเซอไรด์และกลูโคส คลื่นอาร์ (R-wave) และคลื่นที (T-wave) ก่อนการฝึกหลังการฝึก 5 สัปดาห์และหลังการฝึก 10 สัปดาห์ของกลุ่มทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน

Partricia (1998) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกวงจรแบบแอโรบิกที่มีผลต่อวัยรุ่นที่เป็นโรคเบาหวาน ที่ต้องพึ่งอินซูลิน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายวัยรุ่น 10 คน ที่เป็นโรคเบาหวานที่ต้องพึ่งอินซูลิน และผู้ที่ไม่ได้เป็นโรคเบาหวาน 10 คน โดยให้ทำการฝึกแบบวงจรแบบแอโรบิก 5 สถานี ความแข็งแรง และกายบริหาร สถานีละ 30 วินาที ทำการฝึก 3 ครั้ง /สัปดาห์ ทำการฝึก 12 สัปดาห์ รวม 45 นาที ที่ความหนัก 75 – 85 % ของอัตราการเต้นชีพจรสูงสุด ผลการวิจัยพบว่าในกลุ่มที่เป็นโรคเบาหวานที่ต้องพึ่งอินซูลิน และผู้ที่ไม่ได้เป็นโรคเบาหวานมีการพัฒนาในด้านความอดทนของระบบหายใจไหลเวียนเลือด ส่วนที่ปราศจากไขมันของกลุ่มตัวอย่างที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานที่ต้องพึ่งอินซูลินมีค่าเพิ่ม 35 % มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ และความแข็งแรงมีการพัฒนา 13.7- 44.4 % ในส่วนฟาสติง บลัด พลาสมา กลูโคส (fasting blood plasma glucose) ทั้ง 2 กลุ่มไม่เปลี่ยนแปลง แต่ไกลโคซิเลท ฮีโมโกลบิน (glycosylated hemoglobin) ของกลุ่มที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานที่ต้องพึ่งอินซูลิน และ ความหนาแน่นของไขมันมีค่าลดลง สรุป กลุ่มวัยรุ่นที่เป็นโรคเบาหวานที่ต้องพึ่งอินซูลินได้รับการฝึกแอโรบิคแบบวงจรช่วยพัฒนาในด้านความทนทานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วยให้ระดับไขมันและกลูโคสอยู่ในระดับปกติ การฝึกแอโรบิกแบบวงจรนี้เหมาะสำหรับฝึกในวัยรุ่นที่เป็นโรคเบาหวาน

Carlon *et al* .(1999) ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบวงจรและ การได้รับ ซิทรัส ออรันเทียม แอกแทรค (citrus aurantium extract) คาแฟอีน (caffeine) และ แอสที จอห์น วอร์ท (St. John - Wort) ในกลุ่มผู้ใหญ่อ้วนสุขภาพดี กลุ่มตัวอย่าง 23 คน ค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กก./ม^2 แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่ม A ได้รับ ซิทรัส ออรันเทียม แอกแทรค 975 มก. กลุ่ม B ได้รับคาแฟอีน 528 มก. และกลุ่ม C ได้รับ แอสที จอห์น วอร์ท 900 มก. ต่อวัน มีการออกกำลังกายแบบวงจร 3 วันต่อสัปดาห์ ทำการศึกษา ออกกำลังกายโดยใช้ความหนัก 70 % ของอัตราการเต้นชีพจรสูงสุด เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับยา และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีน้ำหนักลดลง 1.4 กิโลกรัม สูญเสียน้ำหนักไขมัน 2.9 % กลุ่ม A มีการลดลงของไขมัน 3.1 กิโลกรัมไม่มีความแตกต่างในทางสถิติในส่วนพลาสมา คลอเลสเทอรอล (plasma cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์(triglycerides) ไม่มีความแตกต่างใน ความดันโลหิต อัตราการเต้นชีพจรในแต่ละกลุ่ม สรุปการได้รับ ได้รับ การได้รับ ซิทรัส ออรันเทียม แอกแทรค (citrus aurantium extract) คาแฟอีน (caffeine)และ แอสที จอห์น วอร์ท (St. John Wort) ควบคู่กับการควบคุมพลังงานที่ได้จากสารอาหาร และการออกกำลังกายช่วยควบคุมน้ำหนักตัว และเพิ่มการสลายไขมันในคนอ้วน

Katie *et al* . (2004) ทำการศึกษาผลของการฝึก แบบวงจร โดยการปั่นจักรยาน ด้วยความหนัก 65 -85 % ของอัตราการเต้นชีพจรสูงสุด และการฝึกด้วยน้ำหนัก 55 -70 % ของความแข็งแรงสูงสุด 8 สัปดาห์ ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นวัยรุ่นอ้วนลงพุง จำนวน 19 คน ชาย 9 คน หญิง 10 คน ผลการวิจัยพบว่า การฝึกแบบวงจรช่วยลดไขมันหน้าท้อง และลำตัว มีความแตกต่างในการพัฒนาสมรรถภาพและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในกลุ่มคนอ้วน เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม การฝึกแบบวงจรยังช่วยพัฒนาระบบความสามารถในการทำงานของร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบของร่างกาย

กล่าวโดยสรุป ประโยชน์ของการฝึกแบบวงจรช่วยพัฒนาองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของผู้ฝึก ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว องค์ประกอบของร่างกาย การเผาผลาญพลังงาน การควบคุมน้ำหนักตัว โดยทั้งหมดนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการมีสมรรถภาพทางกายที่ดีและส่งผลให้มีสุขภาพดีให้กับบุคคลทั่วไป การฝึกแบบวงจรสามารถนำไปใช้ฝึกบนบก และในน้ำได้โดยรูปแบบการฝึกแบบวงจรในน้ำมีทฤษฎีและหลักการของการออกกำลังกายในน้ำดังต่อไปนี้

การออกกำลังกายในน้ำ

ทฤษฎีและหลักการออกกำลังกายในน้ำ

การออกกำลังกายในน้ำเป็นรูปแบบหนึ่งของการออกกำลังกาย เป็นการออกกำลังกายที่สามารถทำได้ทุกเพศทุกวัย การออกกำลังกายในน้ำ เริ่มมีตั้งแต่สมัยอาณาจักรกรีกและโรมันยุครุ่งเรือง ในระยะหลังแถบทวีปยุโรป อเมริกา และออสเตรเลียได้เริ่มให้ความสนใจกับการออกกำลังกายในน้ำขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง (พันทิพา, 2537) การออกกำลังกายในน้ำได้รับความสนใจตั้งแต่อดีต โดยจะเห็นได้จาก เริ่มมีการนำรูปแบบการวิ่งเหยาะ (jogging) ในน้ำมาใช้ เมื่อปลายทศวรรษที่ 60-70 ต่อมาในทศวรรษที่ 70 ถึงต้นทศวรรษที่ 80 เริ่มมีการเต้นแอโรบิกในน้ำ (aquarobics) และได้นำการออกกำลังกายในน้ำมาประยุกต์ใช้ในการฝึกเพื่อสุขภาพและสมรรถภาพในทศวรรษที่ 90 (Sova, 1993)

การออกกำลังกายในน้ำที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีเหตุผลที่สำคัญหลายประการ ดังที่ สุริยา (2537) ได้กล่าวไว้ คือ ช่วยลดการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นจากการออกกำลังกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกกำลังกายในรูปแบบที่รุนแรงมีแรงกระแทกสูง มักเกิดการบาดเจ็บในอัตราสูง ประกอบกับผลการวิจัยที่ใช้ให้เห็นว่า การออกกำลังกายเบาๆ ในน้ำ เช่น การเดิน สามารถช่วยให้สมรรถภาพของระบบหายใจไหลเวียน (cardiorespiratory) ดีขึ้นได้ และยังเป็นการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านร่างกาย ช่วยในการพัฒนาสมรรถภาพของร่างกายให้ดีขึ้น การออกกำลังกายในน้ำเป็นการออกกำลังกายที่มีการปรับแรงต้านทานตามแรงของผู้ออกกำลังกาย กล่าวคือ ผู้ที่ออกกำลังกายในน้ำออกแรงมากเท่าไร น้ำจะมีแรงต้านมากเท่านั้น การเพิ่มความหนักอาจใช้อุปกรณ์ เช่น ถุงมือ (aqua groves) แผ่นโฟม (kickboards) ลูกบอลโฟมคาดเอว ผ้าเช็ดตัว เป็นต้น สอดคล้องกับ วนิดา (2539) กล่าวว่า การออกกำลังกายในน้ำ เป็นการประกอบกิจกรรมการออกกำลังกายต่างๆสามารถทำได้บนบกแต่กลับย้ายไปทำในน้ำ เช่น การทำกายบริหาร การเดิน การวิ่ง การเต้นแอโรบิก เต้นรำ เล่นเกม ซึ่งจะมีผลให้สมรรถภาพทางกายด้านต่างๆมีการพัฒนาขึ้น

นอกจากนี้ การออกกำลังกายในน้ำเหมาะกับทุกเพศ ทุกวัย รวมทั้งหญิงมีครรภ์ ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีปัญหาสุขภาพต่างๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกายตามปกติเช่น โรคอ้วน ข้อเสื่อม อัมพฤกษ์ เป็นต้น มีจุดประสงค์เพื่อให้ทุกคนสามารถออกกำลังกายเพื่อสุขภาพได้ (exercise for all) ดังที่ สุริยา (2537) ได้กล่าวว่า การออกกำลังกายในน้ำ เป็นการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่เป็นของเหลวหรือน้ำ มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์หลายประการที่แตกต่างไปจากบนบก และมีผลต่อสรีรวิทยาของผู้ออกกำลังกายหลายประการที่ คือ

1. แรงดันใต้น้ำ (hydrostatic pressure) แรงดันในน้ำที่ความลึกระดับข้อเท้า เข่า สะโพก เอว และระดับอก จะมีแรงดันมากขึ้นตามระดับความลึกของน้ำ ทำให้ขณะที่เราแช่ตัวอยู่ในน้ำ เลือดดำสามารถไหลกลับสู่หัวใจได้ง่ายกว่าบนบก โดยเฉพาะบริเวณขาและเข่า ซึ่งโดยปกติโลหิตจะไหล กลับสู่หัวใจได้ยากเพราะแรงดึงดูดของโลก นอกจากนี้ แรงดันของน้ำยังมีผลต่อระบบหายใจ คือ ปริมาณอากาศหลังหายใจออกค้างอยู่ในปอดน้อยลง และร่างกายต้องใช้พลังงานในการหายใจสูงกว่าปกติ เนื่องจากแรงดันของน้ำมีความกดดันต่อร่างกายอยู่ตลอดเวลา

2. แรงพยุงของน้ำหรือแรงลอยตัว (buoyancy) จะช่วยลดแรงกดดันหรือแรงกระแทกภายในข้อต่างๆ เช่น ข้อเท้า ข้อเข่า ในการเคลื่อนที่หรือการฝึกกระโดด นอกจากนี้ แรงพยุงของน้ำช่วยให้น้ำหนักตัวลดลงเหลือเพียง 10 % เมื่ออยู่ในน้ำระดับหัวไหล่ จึงส่งผลทำให้ส่วนต่างๆ ของ

ร่างกายมีอิสระในการเคลื่อนไหวมากกว่าขณะอยู่บนบก ข้อต่อต่างๆ สามารถเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดี ทำให้ร่างกายมีความยืดหยุ่นสูง แต่การออกกำลังกายในน้ำอาจจะควบคุมท่าทางการเคลื่อนไหวได้ยากกว่าขณะอยู่บนบก

3. ความต้านทานในน้ำ (aquakinetic resistance) มีลักษณะพิเศษ คือ น้ำจะต้านการเคลื่อนไหวของร่างกายทุกทิศทางในสามมิติ (multidirectional) จึงสามารถใช้สำหรับบริหารกล้ามเนื้อที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในร่างกายได้อย่างทั่วถึงดีกว่าการใช้แรงต้านแบบอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะต้านทานการเคลื่อนไหวในทิศทางเดียว

4. อุณหภูมิของน้ำ (temperature) ขณะที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิที่เท่ากัน ร่างกายจะสามารถระบายความร้อนได้ดีกว่าบนบกถึง 25 เท่า ทำให้ร่างกายไม่รู้สึกอ่อนเพลีย และไม่ทำให้เกิดอาการลมแดด (heat stroke) ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการออกกำลังกายในน้ำ ควรอยู่ในช่วง 80-86 องศาฟาเรนไฮน์หรือ 27-30 องศาเซลเซียส

ประโยชน์ของการออกกำลังกายในน้ำ

การออกกำลังกายในน้ำมีประโยชน์หลายประการ โดยจะช่วยพัฒนาสมรรถภาพทางกายของคนทั่วไป ผู้ป่วยและนักกีฬาที่ต้องกายภาพบำบัดหลังการพักฟื้นจากการบาดเจ็บ (วนิดา, 2539) การออกกำลังกายในน้ำเป็นรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิก โดยความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกายให้อยู่ที่ระดับความหนักของงาน 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดนานติดต่อกันไม่น้อยกว่า 20 นาที และไม่น้อยกว่าสัปดาห์ละ 3 – 5 วัน จึงจะเกิดผลดีต่อสมรรถภาพทางกาย (ดำรง, 2535) สอดคล้องกับ สุริยา (2537) ที่กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายในน้ำมีประโยชน์มากมาย ดังนี้

1. การออกกำลังกายในน้ำ ช่วยลดอัตราเสี่ยงที่ทำให้เกิดการปวดระบมภายหลังการออกกำลังกายหรือการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็นและข้อต่างๆ จากน้ำหนักตัว และแรงกระแทก เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำจะเป็นตัวช่วยผ่อนแรงที่มากระทำ

2. ช่วยเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายในด้านต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น เสริมสร้างความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบหายใจ และระบบไหลเวียนเลือด ช่วยให้ร่างกายมีความอ่อนตัว และการทรงตัวที่ดีขึ้น เนื่องจากแรงต้านทานของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยพัฒนากำลัง และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ดี

3. สามารถช่วยให้ข้อต่อต่างๆ เคลื่อนไหวได้อย่างคล่องแคล่ว มีความยืดหยุ่นสูง

4. ผู้ออกกำลังกายในน้ำจะรู้สึกสดชื่น และเหน็ดเหนื่อยน้อยกว่าการออกกำลังกายบนบก เพราะการไหลเวียนโลหิต และการระบายความร้อนของร่างกายที่มีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ Andrew and Nuala (2004) กล่าวว่า การออกกำลังกายในน้ำมีความเหมาะสมกับคนอ้วน ความเย็นของน้ำจะทำให้ร่างกายระบบความร้อนออกมาช่วยลดอุณหภูมิภายในร่างกาย และทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปได้อย่างดี การเพิ่มกิจกรรมทางกาย เป็นส่วนสำคัญในการลดน้ำหนัก และการรักษาน้ำหนัก โดยนำกิจกรรมทางกายแบบง่ายๆ มาใช้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ทั้งด้านร่างกาย และจิตใจ สอดคล้องกับ รุ่งทิพย์ (2538) ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิต ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้หญิงที่มีอายุระหว่าง 31 – 50 ปี จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆละ 15 คน คือ กลุ่มควบคุมกับกลุ่มออกกำลังกายในน้ำโดยทำการฝึก 12 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆละ 50 นาที โดยกำหนดความหนักของงานอยู่ที่ 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ทำการทดสอบ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ขา หลัง และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ผลการวิจัย พบว่า การออกกำลังกายในน้ำทำให้ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลง และสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา แขน และหลัง เพิ่มขึ้นแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ในปัจจุบันการออกกำลังกายในน้ำ เริ่มได้รับความนิยม แต่จะเน้นการออกกำลังกายในน้ำเพื่อสุขภาพ เพราะการออกกำลังกายในน้ำจะช่วยลดการบาดเจ็บและช่วยให้สมรรถภาพของระบบหายใจดีขึ้นได้ การออกกำลังกายในน้ำเหมาะกับทุกเพศ ทุกวัย ตลอดจนหญิงมีครรภ์ ผู้สูงอายุและผู้ที่มีปัญหาสุขภาพต่างๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกายตามปกติ เช่น โรคอ้วน ข้อเสื่อม

อัมพฤกษ์ เป็นต้น การออกกำลังกายในน้ำอีกรูปแบบที่ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาคือ การฝึกแบบวงจรในน้ำ โดยนำมาใช้ฝึกในคนอ้วนเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านองค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญพลังงานในผู้หญิงอ้วน ได้มีผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความหมาย และทฤษฎีการฝึกแบบวงจรในน้ำไว้ดังนี้

วนิดา (2539) กล่าวว่า การฝึกแบบวงจรในน้ำ (circuit training in water) หมายถึง การออกกำลังกายในน้ำโดยใช้น้ำเป็นแรงต้านทาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายทั่วไป ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ขา และหลัง สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และความทนทานของกล้ามเนื้อ แขน และ ขา การออกกำลังกายในน้ำแบบวงจรเป็นอีกวิธีการหนึ่ง ที่จะช่วยพัฒนาด้านสมรรถภาพทางกายอีกวิธีการหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับ Bedortra (1993) ได้พัฒนารูปแบบการออกกำลังกายในน้ำแบบหมุนเวียนสำหรับสร้างสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาว่ายน้ำ และเป็นที่ยอมรับกันว่าเป็นวิธีการสร้างสมรรถภาพทางกายที่ดี อีกวิธีหนึ่ง โปรแกรมการฝึกแบบสถานีหรือฐานฝึก (aquatic circuit training) จะช่วยให้ร่างกายทุกส่วนได้ทำงานเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา ทั้งช่วยให้เกิดความสนุกสนาน สร้างความแข็งแรง และความทนทานของกล้ามเนื้อ เสริมสร้างประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจน และความหลากหลายในโปรแกรมการฝึกทำให้ไม่เกิดความเบื่อหน่ายทั้งยังทำให้ผู้ฝึกได้รับความสดชื่นจากน้ำอีกด้วย สอดคล้องกับ วนิดา (2539) ได้ทำการศึกษาผลของการทดลองฝึกแบบหมุนเวียนในน้ำ และบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดชลบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชายของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดชลบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชายของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดชลบุรีที่มีอายุระหว่าง 18 - 24 ปี ในกีฬาแต่ละประเภท จำนวน 60 คน ซึ่งผ่านการทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดมาแล้ว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆละ 20 คน โดยการสุ่มแบบกำหนด (randomized assignment) กลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกใดๆ กลุ่มฝึกแบบหมุนเวียนบนบก และกลุ่มฝึกหมุนเวียนในน้ำ ฝึกครั้งละ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ๆละ 3 วัน ทำการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ขา และหลัง สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด เปอร์เซ็นต์ของไขมันในร่างกาย และความทนทานของกล้ามเนื้อ แขนและขา ผลการวิจัยพบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ผลของการฝึกแบบหมุนเวียนในน้ำ บนบกทำให้นักกีฬาวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดชลบุรีมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และความทนทานของกล้ามเนื้อแขน ขา ดีกว่านักกีฬาวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดชลบุรีในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกอย่าง

มีนัยสำคัญ ส่วนผลการฝึกแบบหมุนเวียนในน้ำกับบนบกทำให้นักกีฬาวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดชลบุรีมีสมรรถภาพทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังที่ Howell (1998) ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบระหว่าง ผลทางด้านสรีรวิทยาของการออกกำลังกายในน้ำ และการออกกำลังกายบนบกในกลุ่มที่มีอายุเกิน 55 ปี เพื่อเป็นการวัดความก้าวหน้าของโปรแกรมการออกกำลังกายบนบก และในน้ำ 10 สัปดาห์ ของกลุ่มตัวอย่างชายและหญิงจำนวน 36 คน อายุ 55 – 76 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกในน้ำ จำนวน 13 คน กลุ่มที่ฝึกบนบก 11 คน และกลุ่มควบคุม 12 คน กลุ่มที่ฝึกการออกกำลังกายในน้ำและบนบกจะเพิ่มโปรแกรมการบริหารกาย และการเต้นแอโรบิกขึ้น ประเมินการวัดสัดส่วนร่างกายแต่ละคนโดยการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิต ความทนทานของกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว ผลการวิจัยพบว่า ค่าตัวแปรมีการพัฒนามากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบผลก่อน และหลังการฝึก กลุ่มที่ได้รับการฝึกทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมในทุกตัวแปร

ผลของปริมาณความหนักของการออกกำลังกายสามารถที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านตัวแปรของน้ำหนัก องค์ประกอบของร่างกาย การแตกตัวของไขมันในร่างกาย ความดันเลือด ค่าความไวต่ออินซูลิน เพื่อสุขภาพที่แข็งแรง ควรออกกำลังกาย 3 วัน ต่อสัปดาห์ สอดคล้องกับ American College of Sports Medicine (2001) แนะนำว่า การออกกำลังกาย 150 นาที (2.5 ชั่วโมง) ในการออกกำลังกายระดับปานกลางต่อสัปดาห์ จะทำให้มีสุขภาพแข็งแรง แต่ถ้าคนที่มีน้ำหนักตัวเกิน และผู้ใหญ่ที่เป็นโรคอ้วน จะต้องเพิ่มเวลาในการออกกำลังกายโดยเพิ่มเป็น 200 – 300 นาที (3.3 – 3.5 ชั่วโมง หรือใช้พลังงาน $\geq$ 2000 แคลอรี่) ต่อสัปดาห์

สอดคล้องกับ Saris *et al*. (2003) ได้แนะนำว่าการออกกำลังกาย 40 - 60 นาที ด้วยน้ำหนักระดับปานกลาง ในแต่ละวัน สามารถป้องกันการมีน้ำหนักตัวเกิน และโรคอ้วน สำหรับการออกกำลังกายที่ป้องกันการมีน้ำหนักตัวเพิ่มต้องออกกำลังกาย 60 – 90 นาทีที่ระดับความหนักปานกลาง เพราะคนอ้วนมีโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ความหนักในการออกกำลังกายระดับต่ำในระดับที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบความอดทนของระบบหายใจไหลเวียนเลือด คนอ้วนควรออกกำลังกายที่มีแรงกระแทกต่ำ โดยเลือกกิจกรรมการออกกำลังกาย และความหนักที่เหมาะสม โดยจะมีผลทำให้น้ำหนักตัว และไขมันในร่างกายลดลง การเดินเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับคนอ้วนเพราะลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อ ควรมีการเดินตลอดวันอย่างน้อย 1 ชั่วโมง สอดคล้อง กับ Phillips *et al.* (1996) กล่าวว่า การฝึกซ้อมด้าน

ความอดทนเป็นเวลานานร่างกายจะเพิ่มความสามารถในการใช้ไขมันเป็นพลังงานเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ โดยทำให้การเผาผลาญกรดไขมันอิสระ และการเผาผลาญของไตรกลีเซอไรด์ภายในกล้ามเนื้อมากขึ้น

นอกจากการออกกำลังกายบนบกที่จะช่วยลดความอ้วนแล้ว การออกกำลังกายในน้ำสามารถช่วยลดความอ้วนได้เช่นกัน สอดคล้องกับ Hills (1998) ที่กล่าวว่า การว่ายน้ำ และความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางกายที่ทำในน้ำ จะช่วยลดแรงที่กระทำต่อข้อต่อ ป้องกันความเสี่ยงที่อาจจะได้รับการบาดเจ็บ และลดความร้อนในร่างกาย ความหนักของกิจกรรมทางกายมีความสัมพันธ์ในการควบคุมการลดน้ำหนัก และป้องกันรักษาโรคอ้วน โดยความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกายที่แนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะต่างกันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละคน ดังที่ Saris (2003) กล่าวว่า การออกกำลังกาย 80 นาทีด้วยความหนักระดับกลาง หรือ 35 นาทีที่ความหนักระดับสูงในแต่ละวัน จะช่วยในการควบคุมน้ำหนัก

สอดคล้องกับ Weinsier *et al.* (2002) การออกกำลังกาย 77 นาทีด้วยความหนักระดับกลาง ทุกวัน ช่วยให้มีการใช้พลังงานในร่างกายที่สมดุล และรักษาระดับของน้ำหนักตัว ความหนักของการออกกำลังกาย เป็นตัวที่สามารถบอกถึงปริมาณในการออกกำลังกายว่าต้องออกกำลังกายในระดับใดจึงจะเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ดังที่ Mouglos *et al.*(2005) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของความหนักในการออกกำลังกายระหว่างความหนักต่ำและสูง ที่มีต่อสัดส่วนร่างกาย กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง 14 คน มีค่า ดัชนีมวลกาย (BMI 22-28 กก./ม ^{2}) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยให้ทำการออกกำลังกายบนลู่กลที่ ความหนัก 45 และ 72 % ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ทำการฝึก 4 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 3 เดือน ใช้พลังงาน 1548 กิโลจูล (370 กิโลแคลอรี่) ในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง ผลการทดลองสรุปได้ว่า มวลของร่างกายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 กลุ่ม โดยจะลดลงมากในกลุ่มที่ฝึกด้วยความหนักระดับต่ำมากกว่าระดับสูง มีการลดลงในมวลของไขมัน ทั้ง 2 กลุ่มแต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม มวลที่ปราศจากไขมันไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 กลุ่ม แต่ระหว่างกลุ่มพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยสรุปการออกกำลังกายที่ระดับ 45 % ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) โดยไม่มีการอดอาหารสามารถลดน้ำหนักได้มากกว่าที่ความหนัก 72 % ของความ สามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ความหนักที่ระดับสูงจะรักษาระดับมวลที่ปราศจากไขมัน การผสมผสานระหว่างการลดอาหาร และออกกำลังกายช่วยลดน้ำหนัก และรักษาระดับการออกกำลังกาย การควบคุมน้ำหนัก การออกกำลังกายแบบประเภทความอดทน

เป็นการออกกำลังกายที่ควบคุมน้ำหนัก เหมือนการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน จะเพิ่มการลดน้ำหนัก และลดมวลที่ปราศจากไขมัน และเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

การออกกำลังกายในน้ำอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการเคลื่อนไหว โดยนำคุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ แรงลอยตัว (buoyancy) การเคลื่อนที่ของน้ำ (turbulence) แรงดันตามความลึกของน้ำ (hydrostatic pressure) ความหนืดของน้ำ (viscosity) และอุณหภูมิของน้ำ (temperature) (Stiskal, 2003) ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำคุณสมบัติของน้ำไปใช้ แรงลอยตัวของน้ำช่วยให้เคลื่อนไหวโดยกล้ามเนื้อออกแรงไม่มาก แรงต้านที่เกิดจากความหนืดของน้ำทำให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงมากขึ้น สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ น้ำที่อุณหภูมิที่ต่างกันทำให้เกิดการตอบสนองที่ต่างกัน อุณหภูมิของน้ำที่ระดับ 31-33 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับเพิ่มความอ่อนตัวได้ดี ที่ระดับ 28 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการออกกำลังกายในหญิงตั้งครรภ์ และอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 24 - 33 องศาเซลเซียส (Huey and Forster, 1993)

การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกาย โดยเฉพาะแขนขาในขณะที่ร่างกายแช่อยู่ในน้ำ โดยน้ำมีคุณสมบัติเป็นตัวกลาง ที่เหมาะสมสำหรับการออกกำลังกาย และการฟื้นฟู โดยเมื่อยืนอยู่ในน้ำที่ระดับความลึกต่างกัน น้ำหนักตัวจะมีการเปลี่ยนแปลง น้ำที่ระดับเอวน้ำหนักตัวจะเหลือ 54 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่ระดับอก น้ำหนักตัวเหลือ 25 เปอร์เซ็นต์ และน้ำที่ระดับเสมอหัวไหล่ น้ำหนักตัวจะลดลง 90 เปอร์เซ็นต์ น้ำช่วยลดความเครียดของระบบโครงร่าง และกล้ามเนื้อ โดยมีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ช่วยผ่อนคลาย และทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ง่ายโดยไม่เจ็บปวด การออกกำลังกายในน้ำได้มีการนำมาใช้เพื่อการรักษามากขึ้น ทั้งในผู้ป่วยระบบประสาท รวมทั้งในกลุ่มโรคกระดูก และข้อต่อ (Meyer, 1990)

ผลทางสรีรวิทยาของการแช่ร่างกายในน้ำ

เมื่อร่างกายแช่อยู่ในน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขึ้น ทั้งในขณะพักและขณะออกกำลังกาย โดยการเปลี่ยนแปลงของร่างกายที่เกิดขึ้นในขณะพักเป็นผลมาจากแรงดันของน้ำและที่สำคัญคือการไหลเวียนกลับของเลือดที่มาจากส่วนปลายมือปลายเท้า (Arborelius *et al*., 1972) โดยความดันของหลอดเลือดดำหัวใจห้องบนขวา (right atrial venous) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ แรงบีบตัวของหัวใจ (stroke volume; SV) การเพิ่มขึ้นทั้งแรงบีบตัวของหัวใจ (SV) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในเวลา 1 นาที (cardiac output; CO)

ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ลดลงหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งแสดงได้จากสมการ

$$HR \times SV = CO$$

เมื่อ HR คือ อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR)

SV คือ แรงบีบตัวของหัวใจ (stroke volume; SV)

CO คือ ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในเวลา 1 นาที (cardiac output; CO)

ในด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกายในน้ำ และการแช่ในน้ำทำให้มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับระดับความลึกของน้ำ ตำแหน่งของร่างกายขณะอยู่ในน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบไหลเวียนเลือด สอดคล้องกับสมการ $P = P_{atm} \times g \times \rho \times h$

โดย P = แรงดันน้ำ, g = แรงดึงดูดของโลก P_{atm} = แรงดันบรรยากาศ

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ h = ความลึกของน้ำ

2. การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน และปัสสาวะเกิดได้ในขณะที่แช่ร่างกายในน้ำ ยิ่งไปกว่านั้นแรงดันของน้ำยังมีผลต่อการขยายตัวของทรวงอก อาจเกิดปัญหาในแต่ละบุคคลโดยมีการลดลงของความจุปอด (lung capacity) มีการหายใจลำบากส่งผลให้กลัวที่จะออกกำลังกายในน้ำได้

3. การเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจไหลเวียน ขณะร่างกายแช่ในน้ำ และการตอบสนองของระบบหัวใจไหลเวียนขณะออกกำลังกาย โดยเฉพาะอัตราการเต้นของหัวใจที่เป็นผลจากการฝึกในน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการออกกำลังกายบนบก (Wilder *et al.,*1993) โดยทั่วไปอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะออกกำลังกายในน้ำลึกจะต่ำกว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายบนบกประมาณ 17 ครั้งต่อนาที (McArdle *et al*., 1991) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบไหลเวียนเลือด ขณะร่างกายแช่ในน้ำ

ค่าที่วัด	การตอบสนอง
Right atrial venous pressure	increase (8 to 12 mm Hg)
Heart blood volume	increase (180 to 250 ml)
Cardiac output	increase (25%)
Stroke volume	increase (25%)
Central venous pressure	increase
Heart rate	remain the same or decrease slightly
Systemic blood pressure	remain the same or decrease slightly

ที่มา: Wilder *et al*. (1993)

อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจไหลเวียน โดยน้ำอุ่นทำให้ระบบหัวใจไหลเวียนทำงานหนักขึ้น ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิที่สูงมากเกินไป อุณหภูมิของน้ำที่ควรใช้ในนักกีฬาที่มักมีการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อรอบข้อต่อ อยู่ระหว่าง 27 - 28 องศาเซลเซียส แต่ในการฟื้นฟูโดยทั่วไปของนักกีฬา อุณหภูมิของน้ำที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบระบบหัวใจไหลเวียน และมีความปลอดภัยขณะออกกำลังกายในน้ำ ในอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 33-34 องศาเซลเซียส

การออกกำลังกายในน้ำ ทำให้ร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาโดยผลของแรงดันน้ำ (hydrostatic pressure) และอุณหภูมิน้ำ เมื่อร่างกายแช่อยู่ในน้ำ น้ำจะพยายามออกแรงกระทำต่อร่างกาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีการเพิ่มการขนส่งแลกเปลี่ยนของสารละลายต่างๆจากกล้ามเนื้อ เพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ และเพิ่มความสามารถขนส่งสารเคมีของร่างกาย อีกทั้งแรงลอยตัวของน้ำยังช่วยลดอาการปวด และเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ แรงดันของน้ำเมื่อร่างกายแช่ในน้ำจะสัมพันธ์กับความลึกของน้ำ โดยร่างกายอยู่ในน้ำที่ลึกมากขึ้น แรงดันของน้ำที่กระทำต่อร่างกายจะมากขึ้นด้วย

องค์ประกอบของร่างกายของคนอ้วน

ความหมายขององค์ประกอบของร่างกาย

องค์ประกอบของร่างกาย (body composition) หมายถึง ส่วนประกอบที่มีอยู่ในร่างกาย แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. เนื้อแท้หรือน้ำหนักร่างกายปลอดไขมัน (lean body mass) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อไม่มีไขมันเป็นน้ำประมาณ 70 – 72 % แร่ธาตุ (mineral) ประมาณ 7 % อวัยวะต่าง ๆ และกล้ามเนื้อ (organic and muscle) ประมาณ 20 – 30 % กระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและฟัน

2. ไขมันและเนื้อเยื่อไขมัน (body fat) ประกอบด้วยไขมันที่สำคัญและไม่สำคัญ ไขมันที่สำคัญ ได้แก่ เลซิติน (lecithin) และฟอสโฟไลปิด (phospholipids) ประกอบอยู่ในอวัยวะและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ไขกระดูก หัวใจ ปอด ตับ ม้าม ไต ลำไส้ กล้ามเนื้อ และระบบประสาทส่วนกลาง และส่วนไขมันที่ไม่สำคัญซึ่งสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (adipose tissue) ซึ่งทำหน้าที่เหมือนแหล่งสำรองพลังงาน และป้องกันอวัยวะภาย รวมไปถึงชั้นไขมันสะสมนี้จะเปลี่ยนแปลงตามสภาพอาหารที่รับประทาน และการออกกำลังกาย ปริมาณของไขมันที่สะสมใต้ผิวหนังเป็นตัวชี้ที่สำคัญที่จะทำให้น้ำหนักของคนเราเปลี่ยนแปลงไป โดยนำหนักเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันที่สะสมอยู่ (ประทุม, 2527) แหล่งสะสมไขมันในร่างกาย สำหรับชายมีมากบริเวณที่ข้างขวาของสะดือและสะโพก ส่วนหญิงมีมากบริเวณสะดือและต้นแขนด้านหลัง แต่ความหนาของไขมันบริเวณหลังมือจะลดลงอย่างรวดเร็วมากกว่าชาย ทำให้มือเหี่ยวย่น ผู้หญิงมีไขมันมากกว่าผู้ชาย คือ ไขมันของผู้ชายเฉลี่ยจะมีค่า 15 – 17 % ของน้ำหนักตัว ส่วนเพศหญิงจะมีไขมันเฉลี่ยประมาณ 25 % ของน้ำหนักตัวเซลล์ของไขมันจะไม่สร้าง ATP เพื่อใช้ในกล้ามเนื้อ โดยจะทำให้มีไขมันสะสมในกล้ามเนื้อมาก จนเกิดผลเสีย คือ เซลล์ของไขมัน ไม่ค่อยมีบทบาทในการสร้างพลังงาน และต้องใช้พลังงานมากเพื่อที่จะมีการเคลื่อนย้ายไขมัน (ชูศักดิ์, 2536)

การประเมินส่วนประกอบของร่างกาย (body composition assessment) สามารถบอกได้ว่าร่างกายประกอบด้วย กล้ามเนื้อ กระดูก และไขมัน ในปริมาณเท่าใด โดยทั่วไปมักประเมินโดยใช้เปรียบเทียบตาราง ความสูง น้ำหนัก เพื่อประเมินภาวะน้ำหนักเกิน (overweight) ขึ้นอยู่กับเพศและขนาดของกระดูก สอดคล้องกับ ราตรี (2549) กล่าวถึงเหตุผลในการประเมินองค์ประกอบของร่างกายดังนี้

1. ประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ
2. วางแผนการรับประทานอาหาร และฝึกซ้อมกีฬา
3. แบ่งน้ำหนักตัวตามประเภทกีฬา
4. ติดตามการเจริญเติบโตของเด็กว่าสมส่วนหรือไม่
5. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเกิดโรค

คนที่ออกกำลังกายเป็นประจำจะทำให้องค์ประกอบของร่างกายอยู่ในระดับที่ต้องการ การออกกำลังกายที่เกี่ยวกับความอดทนทำให้น้ำหนักตัวลดลง และมีองค์ประกอบของร่างกายตามต้องการ ความบ่อยของการออกกำลังกายในการลดน้ำหนัก พบว่าถ้าออกกำลังกายสัปดาห์ละ 2 วัน ไม่ทำให้องค์ประกอบของร่างกายเปลี่ยนแปลงไป ถ้าออกกำลังกาย 3 หรือ 4 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ จะทำให้องค์ประกอบร่างกายเปลี่ยนแปลงไป โดยถ้าออกกำลังกาย 4 ครั้งต่อสัปดาห์จะทำให้น้ำหนักตัวและความหนาไขมันลดลงมากกว่า การออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยทั่วไปเชื่อว่าการออกกำลังกายแต่ละครั้งควรใช้พลังงานอย่างน้อย 300 กิโลแคลอรี่ ออกกำลังกายด้วยความหนักปานกลาง การออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดอาหารจะได้ผลดีกว่าการใช้การออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว การลดความอ้วนโดยถ้าต้องการให้ไขมันลด 0.45 กก.ต่อสัปดาห์ ต้องใช้พลังงาน 3,500 กิโลแคลอรี่ต่อสัปดาห์ หรือ 500 กิโลแคลอรี่ต่อวัน การออกกำลังกายด้วยความหนักปานกลาง 3 วัน ต่อสัปดาห์ จะทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่ม 1,050 กิโลแคลอรี่ หมายถึงต้องลดพลังงานจากอาหาร 2400 กิโลแคลอรี่ ต่อ สัปดาห์ ถ้ามีการออกกำลังกาย 5 วันต่อสัปดาห์ และเพิ่มเวลาจาก 30 นาที เป็น 1 ชั่วโมง จะทำให้ใช้พลังงาน 3500 กิโลแคลอรี่ ต่อสัปดาห์ โดยถ้าออกกำลังกายลักษณะนี้ จะไม่ต้องใช้การจำกัดอาหาร แต่ต้องคำนึงถึงสภาพร่างกายของผู้ที่ออกกำลังกายเป็นสำคัญ ได้มีการศึกษาผลของการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย ดังนี้

สมศรี (2537) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกสเต็ปแอโรบิกที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และส่วนประกอบของร่างกายในผู้หญิงอ้วน กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่มีรูปร่างอ้วน อายุ 30 – 40 ปี มีสุขภาพสมบูรณ์จำนวน 25 คน โดยฝึกสเต็ปแอโรบิก 12 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ที่ระดับความหนัก 55 – 75 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด การวิจัยพบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และเส้นรอบวงของร่างกายบริเวณแขนท่อนบนขณะงอ ก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และ12 หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 กับหลังฝึกสัปดาห์ที่ 8 และ 12 หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8 กับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 มีความแตกต่างกัน ความแตกต่างเส้นรอบวงของร่างกายบริเวณช่วงเอว ก่อนการฝึกกับหลังการฝึก

สัปดาห์ที่ 8 และ 12 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 กับหลังฝึกสัปดาห์ที่ 8 และ 12 มีความแตกต่างกัน และความแตกต่างเส้นรอบวงของร่างกายบริเวณขาท่อนบน ก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 มีความแตกต่างกัน

Cris *et al* .(2006) ทำการศึกษาปริมาณการออกกำลังกายที่มีต่อน้ำหนักตัว องค์ประกอบของร่างกายในคนอ้วนลงพุง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายและหญิง ที่มีน้ำหนักตัวเกิน อายุ 40 – 65 ปี จำนวน 120 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ทำการฝึก 8 เดือน กลุ่มที่ 1 ทำการออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูง โดยการวิ่งเหยาะ 20 ไมล์ (32.0 กิโลเมตร) ต่อสัปดาห์ กำหนดความหนักที่ 65 – 80 % ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด กลุ่มที่ 2 ออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำถึงสูง โดยการวิ่งเหยาะๆ 12 ไมล์ (19.2 กิโลเมตร) ต่อสัปดาห์ ที่ความหนัก 65 – 80 % ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด กลุ่มที่ 3 ทำการออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำถึงระดับกลาง โดยการเดิน 12 ไมล์ (19.2 กิโลเมตร) ต่อสัปดาห์ ที่ความหนัก 40 – 55 % ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ผลการทดลองพบว่า ในกลุ่มที่ทำการฝึกด้วยความหนักมากมีการลดลงของน้ำหนักที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านน้ำหนักตัว และมวลของไขมัน มากกว่าในกลุ่มที่ออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำถึงกลาง และกลุ่มที่ออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำถึงสูง กลุ่มที่ออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำมีความแตกต่างมากในการควบคุมน้ำหนักเปรียบเทียบการออกกำลังกายทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างในการลดหน้าท้อง เอว และความกว้างรอบสะโพก แต่ไม่มีความแตกต่างในการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่นำเข้าไปในแต่ละกลุ่ม

Ozcelik *et al.*(2005) ศึกษาเปรียบเทียบผลของการรักษาด้วยยาออริสเตท (orlistat) และการออกกำลังกาย ที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และ สมรรถภาพด้านแอโรบิก ในผู้หญิงอ้วน กลุ่มตัวอย่าง เป็นผู้หญิงอ้วน ที่รักษาในคลีนิค โรงพยาบาลในมหาวิทยาลัยประเทศตุรกีจำนวน 24 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน กลุ่มที่ 1 ได้รับการรักษาโดยใช้ยา ออริสเตทจำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ ให้ ปริมาณ 120 มิลลิกรัม ต่อวัน ส่วน กลุ่มที่ 2 ได้รับการออกกำลังกาย วันละ 45 นาที จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ โดยการออกกำลังกายที่ระดับ แอนแอโรบิคแทรสโฮลด์ (anaerobic - threshold) โดยกลุ่มตัวอย่างต้องถูกควบคุมพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร ที่ระดับ 1200 – 1600 กิโลแคลอรี่ ต่อวัน ใช้เวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าในกลุ่มที่รักษาโดย ใช้ยา ออริสเตท มีน้ำหนักลด 5.8 เปอร์เซ็นต์ ลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ ระยะเวลา 8 สัปดาห์น้อยไปที่จะพัฒนา สมรรถภาพด้านแอโรบิก โดยสรุปการรักษาโดยใช้ยาระยะสั้นช่วยให้น้ำหนักลดแต่ไม่สามารถพัฒนาสมรรถภาพด้านแอโรบิก ส่วนในการออกกำลังกายทำให้น้ำหนักลด

มีการลดลงใน มวลไขมัน และมวลไขมันอิสระ และพัฒนา สมรรถภาพด้านแอโรบิก และสามารถพัฒนาระดับของ แอนแอโรบิกแทรสโฮลด์ (anaerobic threshold) และความสามารถสูงสุดในการออกกำลังกาย (W max)

Chatfield (1991) ศึกษาผลของการเต้นแอโรบิกบนบกและการเต้นแอโรบิกในน้ำต่อองค์ประกอบร่างกาย และการวัดเส้นรอบวงของหญิงที่ไม่ค่อยออกกำลังกาย อายุ 18 – 33 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกฝึกเต้นแอโรบิกบนบก กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกในน้ำ และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม โดยมีความหนัก 75 – 85 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ สัปดาห์ละ 45 นาที เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมถูกวัดองค์ประกอบของร่างกาย และส่วนรอบวงทั้งก่อน และหลังการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งองค์ประกอบของร่างกาย และ เส้นรอบวงทั้ง 3 กลุ่ม แต่มีแนวโน้มที่สามารถพัฒนาองค์ประกอบร่างกาย เส้นรอบวงสะโพก และเส้นรอบวงเอวของผู้หญิง ให้ดีขึ้น

การเผาผลาญไขมันในคนอ้วน

ความหมายของการเผาผลาญไขมัน

ในระหว่างการออกกำลังกายแหล่งพลังงานที่ใช้สำหรับการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อมาจากไขมัน และคาร์โบไฮเดรต การเผาผลาญไขมัน (fat oxidation) ไขมันถูกแตกตัวเป็นพลังงานในขณะออกกำลังกายระดับต่ำ ถึงปานกลาง ไขมันที่ได้จาก เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (adipose tissue) หรือกรดไขมันอิสระ (fatty acids; FFA) ถูกนำมาใช้ในการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อ ในการออกกำลังกายแบบประเภทอดทน (Brouns *et al.,*1998) การเผาผลาญกรดไขมันอิสระจะมีค่าสูงถ้าออกกำลังกายด้วยความหนักต่ำ (25% - 65% VO_2 max) ความอ้วนมีความสัมพันธ์กับการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation) การได้รับพลังงานเพียงพอ และความสามารถในการเผาผลาญพลังงาน (oxidative metabolism) มีแหล่งพลังงาน 2 แหล่ง ที่มีผลต่อการเผาผลาญไขมันในช่วงการออกกำลังกาย ค้นพบว่า การเผาผลาญไขมันจะเพิ่มขึ้นเฉพาะในแต่ละบุคคลโดยเฉพาะในคนอ้วนที่ออกกำลังกาย (Goodpaster *et al .,*1999) เนื่องจากคนอ้วนมีความผิดปกติของขบวนการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ทำให้เนื้อเยื่อมีการดึงไขมันมาใช้เป็นพลังงานได้ต่ำกว่าคนที่มีน้ำหนักตัวปกติ (Claudia, 1998) ในขณะที่ออกกำลังกาย ในคนอ้วนเพื่อควบคุมหรือลดน้ำหนัก ความหนัก และระยะเวลาที่ใช้ต้องมีความเหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาผลาญพลังงานจากสารอาหารเพื่อนำมาใช้ในขณะออกกำลังกาย สารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานหลักที่พบมากในขณะที่ออก

กำลังกาย คือ ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ส่วนโปรตีนจะใช้ได้น้อย (ประมาณ 5%) โดยไขมัน และคาร์โบไฮเดรตจะถูกเผาผลาญเป็นพลังงานในขณะที่ระบบต่างๆของร่างกายมีการทำงานโดยเฉพาะกล้ามเนื้อ (Michelle, 2005) ขบวนการที่ดึงไขมัน และคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งที่สะสมไขมันในร่างกายมาเผาผลาญเป็นพลังงานเรียกว่า Fat Oxidation และ Carbohydrate Oxidation ตามลำดับ ความหนักและระยะเวลามีผลทำให้มีการดึงแหล่งพลังงานมาใช้ต่างกัน ดังที่ Hawley *et al.* (1998) กล่าวว่า การออกกำลังกายที่ความหนักระดับเบาถึงปานกลาง (25-65 % VO_2max) จะมีอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) ที่มาก ในทางตรงข้ามถ้าออกกำลังกายระดับความหนักที่สูง (70 - 80 % VO_2max) จะมีอัตราการเผาผลาญไขมันลดลง เพิ่มอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตมากขึ้นตามความหนักที่เพิ่ม จุดที่เปอร์เซ็นต์ในการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (% kcal from CHO) เริ่มถูกนำมาใช้เป็นพลังงานมากกว่าการเผาผลาญไขมันเรียกว่า crossover point (Brook, 1994) ดังที่ Brandou (2003) ได้ทำ การศึกษาในเด็กวัยรุ่นอ้วนเพศชายหญิงอายุ 11 – 17 ปี พบว่าจุด crossover point อยู่ที่การออกกำลังกายระดับความหนักต่ำ (35 % Wmax) ในส่วนของอัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกัน สอดคล้องกับ Brandou (2005) ได้ทำการศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรตโดยการออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง และต่ำในกลุ่มเด็กอ้วนพบว่าค่าอัตราการเผาผลาญไขมันมีค่าสูงในขณะออกกำลังกายที่ความหนักต่ำ 20 - 30 % Wmax ต่อมา Lazzer *et al.* (2007) ศึกษาการเผาผลาญไขมันในกลุ่มเด็กผู้ชาย และผู้หญิงอ้วน พบว่า อัตราการเผาผลาญไขมัน มีค่าสูงที่ความหนักระดับปานกลาง 41% VO_2max พบว่าในผู้ชายมากกว่าผู้หญิง มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายที่มีผลต่อการเผาผลาญพลังงานในคนอ้วนดังนี้

Dorien *et al.* (2001) ทำการศึกษาการฝึกออกกำลังกายในระดับความหนักต่ำ ที่มีผลต่อการเผาผลาญไขมัน ในผู้หญิงอ้วน โดยศึกษาการเผาผลาญไขมันในร่างกายในส่วนบน และส่วนล่างของร่างกาย ในผู้หญิงอ้วน ทำการศึกษาในผู้หญิงอ้วน 21 คน มีค่าดัชนีมวลกาย(BMI) มากกว่า 29 กก./ม.^{2} โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มี 8 คน อ้วนส่วนบน และกลุ่มที่ 2 อ้วนส่วนล่าง มี 13 คน ออกกำลังกายที่ความหนัก 40 % ของการจับออกซิเจนสูงสุด ทำการฝึก 12 สัปดาห์ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ใช้เวลาในการฝึก มากกว่า 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การออกกำลังกายไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า RER ขณะพัก ในกลุ่ม ที่อ้วนส่วนบน และส่วนล่างในช่วงการออกกำลังกาย การสลายไขมัน เพิ่มในกลุ่ม อ้วนส่วนบน 19 % แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนปราศจากไขมัน ไขมันอิสระในเลือด สรุป การออกกำลังที่ระดับความหนักเบาสามารถเพิ่มการสลายไขมัน ที่ใช้ในขณะออกกำลังกาย และเผาผลาญพลังงานในผู้หญิงอ้วน

Jame *et al.*(1987) ศึกษาผลของการออกกำลังกาย และการควบคุมอาหารที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญพลังงานในผู้หญิงอ้วน 8 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ออกกำลังกายแบบแอโรบิกโดยการเดิน เริ่มต้นเดิน 1.6 กิโลเมตร โดยเพิ่ม 400 เมตร ทุก 3 วัน จนถึง 5.6 กิโลเมตร ควบคู่กับการควบคุมอาหาร จำนวน 5 คน และกลุ่มที่ 2 ปฏิบัติตัวปกติ ทำการศึกษา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าการสูญเสียน้ำหนักตัวรวมของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน และพบการลดลงของน้ำหนักตัวที่มาจากไขมันลดน้อยลง และมวลที่ปราศจากไขมันลดลงน้อย อัตราการเผาผลาญ พลังงานขณะพัก (resting metabolic rate; RMR) ขณะพักลดลง สรุปผลการออกกำลังกายควบคู่กับการควบคุมอาหารช่วยในการควบคุมน้ำหนัก ทำให้ไขมันในร่างกายลดน้อยลง และรักษามวลที่ปราศจากไขมัน

Krista (2006) ศึกษาผลการลดน้ำหนักโดยการรับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำ ร่วมกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ในผู้หญิงอ้วน 30 คน ทำการศึกษา 20 สัปดาห์ โดยให้รับประทานอาหารไขมันต่ำ ที่มีไขมันน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการออกกำลังกายแบบอดทน ใช้ความหนักระดับปานกลาง 40 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักลด 14.8 % ของน้ำหนักตัวเดิม ค่าแอลดีแอล คอเลสเตอรอล (LDL cholesterol) และความเข้มข้นของไตรกลีเซอรอล (triacylglycerol) ลดลง 8.9 % 7.5 % และ 27.1 % ระดับของแอชดีเอล คอเลสเตอรอล (HDL cholesterol) ลดลง 9.9 % สรุปการรับประทานอาหารไขมันต่ำร่วมกับการออกกำลังกายทำให้น้ำหนักตัวลดและเพิ่มการเผาผลาญไขมันในร่างกาย

Ellen *et al.*(2006) ศึกษากรดไขมันในช่วงฟาสติง สเตท (fasting state) และผลของระดับไขมันที่สูงในคนอ้วน 701 คน และ กลุ่มอ้างอิง 113 คน อายุ 20- 50 ปี ดัชนีมวลกาย 18.5 – 25 กก./ม.^{2} และคนอ้วนที่มีดัชนีมวลกาย 30 กก./ม.^{2} หรือมากกว่า ผลการศึกษาพบว่าการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation) ลดลงเกี่ยวข้องกับการเพิ่มของดัชนีมวลกาย ในกลุ่มคนอ้วนที่สัมพันธ์กับการเผาผลาญไขมันระดับต่ำ (low fasting fat oxidation) ที่เพิ่มเกี่ยวข้องกับการเพิ่มดัชนีมวลกาย การกลับสู่สภาพปกติของ มวลที่ปราศจากไขมัน และมวลไขมัน การต้านทานต่ออินซูลิน มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเผาผลาญไขมัน (fasting fat oxidation) ที่เป็นตัวแปรอิสระขององค์ประกอบของร่างกาย การศึกษาครั้งนี้เป็นตัวบ่งชี้ข้อมูลในการเปรียบเทียบกับ สมรรถภาพในการควบคุมการเผาผลาญไขมัน ในคนอ้วน และระดับของการต้านทานต่ออินซูลิน

Michell *et al.*(2004) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่กำหนดการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation) ในช่วงการออกกำลังกายในผู้ชาย และผู้หญิงสุขภาพดี กลุ่มตัวอย่าง 300 คน ชาย 157 คน หญิง 143 คน ทำการทดสอบโดยเพิ่มความหนักในการทดสอบ จนผู้ทดสอบเหนื่อยโดยวิ่งบนลู่วิ่งเพื่อทดสอบการใช้พลังงาน (substrate oxidation) ทดสอบโดยใช้วิธีการวัดการใช้พลังงานโดยวิธีวัดทางอ้อม (indirect calorimetry) ในแต่ละบุคคล ผลการวิจัยพบว่า ค่าสูงสุดการเผาผลาญไขมัน (maximum fat oxidation; MFO) มีค่าเฉลี่ย 7.8 มล. กก. มวลที่ปราศจากไขมัน (fat free mass) ค่าสูงสุดการเผาผลาญไขมัน มีค่าความแตกต่างต่ำมากในผู้ชายเมื่อเทียบกับผู้หญิง ค่า VO_2max และเพศ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับมวลไขมัน(fat mass) อัตราของการเผาผลาญไขมัน และการใช้คาร์โบไฮเดรต เป็นเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การใช้กิจกรรมทางกาย VO_2 max และเพศ การเปลี่ยนแปลงใน ค่าสูงสุดการเผาผลาญไขมัน ในช่วงการออกกำลังกายโดยที่ส่วนไขมันน้อยในร่างกาย (body fatness)ไม่ได้เป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงเฉพาะบุคคลในการเผาผลาญไขมัน

Claudia *et al.*(1998) ทำการศึกษาการทดสอบขบวนการเผาผลาญไขมัน (fat mobilization) จากเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (adipose tissue) และความสมบูรณ์ในการกระตุ้น ของการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation)ในร่างกาย โดยการออกกำลังกาย ในผู้หญิงอ้วน 7 คน และกลุ่มควบคุม 7 คน ความสมบูรณ์ของการใช้พลังงาน และอัตราการเผาผลาญพลังงาน โดยประเมินในช่วงก่อนออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกาย และหลังการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยาน 60 นาที ที่ระดับความหนักปานกลาง ไลโปไลซีส (lipolysis) ถูกประเมินโดยการเปลี่ยนกลีเซอรอล (glycerol) โดยใช้ไมโครเดียไลซีส (microdialysis) และการประเมินการไหลเวียนเลือด ผลการวิจัยพบว่า ผู้หญิงอ้วน มีค่า ความสมบูรณ์ของการใช้พลังงาน ช่วงพักต่ำกว่ากลุ่มควบคุมการปล่อยเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue glycerol) ของทั้งสองกลุ่มมีค่าสูง มีค่าสูงในกลุ่มคนอ้วน มากกว่ากลุ่มควบคุม ในขณะพัก แต่เพิ่มเหมือนกันในขณะออกกำลังกาย ค่าพลาสมา นอนสเตอริไฟด์ แฟท-ที เอซิด (plasma nonesterified fatty acid; NEFA) ในคนอ้วน อัตราของการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) ในช่วงพัก และการฟื้นสภาพหลังออกกำลังกาย มีค่าต่ำในกลุ่มคนอ้วนมากกว่ากลุ่มควบคุม และการเผาผลาญไขมัน ในค่าพลาสมา นอนสเตอริไฟด์ แฟททีเอซิด ความเข้มข้นต่ำในขณะพัก และในช่วงการออกกำลังกายในกลุ่มคนอ้วน ค่าขบวนการเผาผลาญไขมัน (fat mobilization) ขณะพัก และการออกกำลังกายไม่เปลี่ยนแปลงใน คนอ้วน ในคนอ้วน

การเผาผลาญไขมัน ต่ำกว่าปกติ แม้ว่าการแพร่กระจายของระดับ NEFA มีค่าต่ำขณะพัก ค่าความสมบูรณ์ในการใช้ไขมัน และการต้านการใช้ไขมัน เป็นแหล่งพลังงานด้านบวกของความสมดุลของไขมัน และการเพิ่มน้ำหนักในกลุ่มคนอ้วน

Romijn *et al* .(2000) ทำการศึกษาการเผาผลาญพลังงานเมื่อใช้ความหนักในการฝึกแตกต่างกันในผู้หญิงที่ฝึกความอดทนจำนวน 8 คน ทำการทดสอบการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก ขณะออกกำลังกาย ที่ความหนัก 25 65 และ 85 % ของอัตราการเต้นชีพจรสูงสุด ผลการวิจัยพบว่า ระดับของการใช้ กลูโคส เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความหนักในการออกกำลังกาย ตรงข้ามกับระดับกรดไขมันอิสระ เพิ่มขึ้นเมื่อออกกำลังกายระดับต่ำ และปานกลาง ส่วน การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต เพิ่มตามความหนักในการออกกำลังกายส่วน การเผาผลาญไขมันเพิ่มมากที่สุดที่ความหนัก 65 % ของอัตราการเต้นชีพจรสูงสุด

Dorien *et al*.(2002) ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบต่อเนื่องด้วยความหนักระดับต่ำที่มีต่อการควบคุมน้ำหนักตัว การเผาผลาญไขมันในผู้ชายอ้วน 29 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมความอ้วน 15 คน และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ออกกำลังกาย 14 คน ทำการศึกษา 40 สัปดาห์ จำนวน 4 วันต่อสัปดาห์ วันละ 1 ชม. ออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงาน เดิน วิ่งในน้ำ ที่ความหนัก 40 % ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างน้ำหนักลดประมาณ 15 กิโลกรัม ระดับของ การเผาผลาญไขมัน การใช้พลังงาน ในช่วงพัก ออกกำลังกาย และการฟื้นสภาพหลังการออกกำลังกายมีการรักษาระดับที่ดีทั้ง 2 กลุ่ม และสามารถลดการเพิ่มของน้ำหนักตัว ในผู้ชายอ้วน และในปีเดียวกัน Dorien *et al*.(2002) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกที่ความหนักต่างกันที่มีผลต่อการเผาผลาญไขมันของผู้ชายอ้วน กลุ่มตัวอย่างผู้ชายอ้วน 24 คน ทำการฝึกที่ความหนักต่ำ 40 %ของอัตราการเต้นของชีพจรสูงสุด และที่ความหนักสูง 70 % ของอัตราการเต้นชีพจรสูงสุด ทำการฝึก 12 สัปดาห์ โดยทำการวัดการเผาผลาญไขมัน ในช่วงพัก ช่วงออกกำลังกาย โดยการใช้ วิธีการวัดพลังงานทางอ้อม ผลการวิจัยพบว่า ผลรวมของการเผาผลาญไขมันไม่เปลี่ยนแปลงในขณะพักในทุกกลุ่มในช่วงการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกายด้วยความหนักเบา การเผาผลาญไขมันเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการเพิ่ม นอน พลาสมา แฟททีเอซิด (non plasma fatty acid oxidation) การออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง ไม่มีผลต่อ ผลรวมของการเผาผลาญพลังงาน ในช่วงการออกกำลังกาย สรุปได้ว่าการออกกำลังกายด้วยความหนักระดับต่ำในคนอ้วน ทำให้มีการเพิ่ม การเผาผลาญพลังงานในช่วงการออกกำลังกายแต่ไม่เพิ่มในขณะพัก การออกกำลังกายที่ความหนักสูงไม่มีผลต่อการเผาผลาญไขมันในคนอ้วน

Maffeis *et al.*(2004) ทำการศึกษาการประเมิน อัตราสัดส่วนของการเผาผลาญสารอาหาร (nutrient oxidation) ในช่วงการเดินที่ความเร็วต่างกัน ในเด็กผู้ชายอ้วน กลุ่มตัวอย่าง 24 คน ทำการทดสอบโดยใช้ ลู่วิ่งกล ทำการวัดโดยใช้วิธีวัดการใช้พลังงานโดยวิธีวัดทางอ้อม (indirect calorimetry) ทำการเดินที่ความเร็ว 4 5 และ 6 กม./ ชม. ผลการวิจัยอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มความเร็วในการเดิน การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate oxidation) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อัตราส่วนของไขมันกับการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดเมื่อเดินด้วยความเร็ว 4 กม./ชม. การออกกำลังกายที่ความหนักระดับกลางทำให้อัตราการเผาผลาญไขมัน ต่อ การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด การเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายไม่ได้ทำให้อัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation) เพิ่ม สรุปการเดินที่ความเร็ว 4 กม./ชม. เหมาะที่จะนำมาใช้ในการออกกำลังกายในเด็กผู้ชายอ้วน

สรุป วิธีการรักษา ป้องกันภาวะน้ำหนักเกิน และโรคอ้วนโดยการออกกำลังกาย เป็นวิธีการป้องกันรักษาที่ง่าย และเสียค่าใช้จ่ายน้อย โดยเฉพาะกิจกรรมทางกายที่มีการเคลื่อนไหวของระบบกระดูก และกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการเผาผลาญพลังงาน โดยมีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย ทำให้มวลของส่วนที่ปราศจากไขมัน และส่วนที่มีไขมันลดน้อยลง และเพิ่มการเผาผลาญพลังงานมากขึ้น การออกกำลังกายเพื่อควบคุมน้ำหนักควรเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ระดับความหนักต่ำถึงปานกลาง ระยะเวลาในการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของแต่ละคน โดยยึดหลักเพิ่มระดับความหนักขึ้นเมื่อร่างกายมีการพัฒนาขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (gas analyzer) ชุดอุปกรณ์ Metabolic Cart ยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น Vmax 229 Series ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา

2. ลู่กลยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น 2000 Treadmill ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา

3. เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังยี่ห้อ Lange ผลิตจากประเทศอังกฤษ

4. เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Tanita ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น

5. เครื่องวัดส่วนสูง ยี่ห้อ DETECTO ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา

6. เครื่องวัดความดันโลหิตชนิดปรอทยี่ห้อ Spirit รุ่น CK 101 (sphygmomanometer) ผลิตจากประเทศเยอรมันนี

7. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar ผลิตจากประเทศฟินแลนด์

8. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Casio รุ่น HS 10 w ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น

9. สายวัดสัดส่วนของร่างกาย ยี่ห้อ FUTURO ผลิตในประเทศไทย

10. แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ข้อมูลทางสุขภาพ และใบบันทึกผลการทดลอง

วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental design) ศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรตในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกินและศึกษาผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน

กลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นอาจารย์ และบุคคลากรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เพศหญิง อายุระหว่าง 40 – 49 ปี โดยอยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับที่ 1 จำนวน 60 คนและอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ดังแสดงในข้อตกลงเบื้องต้น

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาโดยวิธีการรับอาสาสมัครเข้าร่วมวิจัย (volunteer) จากกลุ่มประชากรที่เป็นเป็นอาจารย์และบุคลากรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เพศหญิง อายุระหว่าง 40 – 49 ปี โดยอยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับที่ 1 จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการรับอาสาสมัคร (volunteer) จากประชากร 60 คน และอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับ วิธีการ อุปกรณ์ และสถานที่ ที่ใช้ทำงานวิจัย
2. ออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำ และบนบก 5 สถานี
3. เสนอคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
4. เสนอโปรแกรมฝึกแบบวงจรน้ำ และบนบก 5 สถานีต่อผู้เชี่ยวชาญ

5. นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข แล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อจัดทำเป็นโปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำ และบนบก 5 สถานี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นโปรแกรมการฝึกแบบวงจร 2 รูปแบบคือ

1. โปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำจำนวน 5 สถานี (ภาคผนวก ข)
2. โปรแกรมการฝึกแบบวงจรบนบกจำนวน 5 สถานี (ภาคผนวก ข)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์ ในการวิจัยจากทฤษฎี และหลักการจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย และผู้เชี่ยวชาญ

2. ผู้วิจัยส่งจดหมายถึงกลุ่มประชากร และติดต่อประสานงานขอความร่วมมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งให้อาสาสมัครที่เข้าร่วมการทดลองกรอกข้อมูลทั่วไป และประวัติสุขภาพส่งจดหมายกลับมายังผู้วิจัย

3. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากกลุ่มประชากรที่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 40 – 49 ปี โดยอยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับที่ 1 จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการรับอาสาสมัคร (volunteer) จากประชากร 60 คนและอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

4. อธิบายและชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ให้กลุ่มตัวอย่างได้รับทราบ ตามลำดับขั้นตอนของวิธีการทดสอบ วิธีการทดสอบ และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

5. ผู้วิจัยทำการวัดลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความดันโลหิต ดัชนีมวลกาย เส้นรอบเอว เส้นรอบสะโพก อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนังจากการวัดด้วยวิธีการของ Jackson *et al.* (1980) (ภาคผนวก จ)

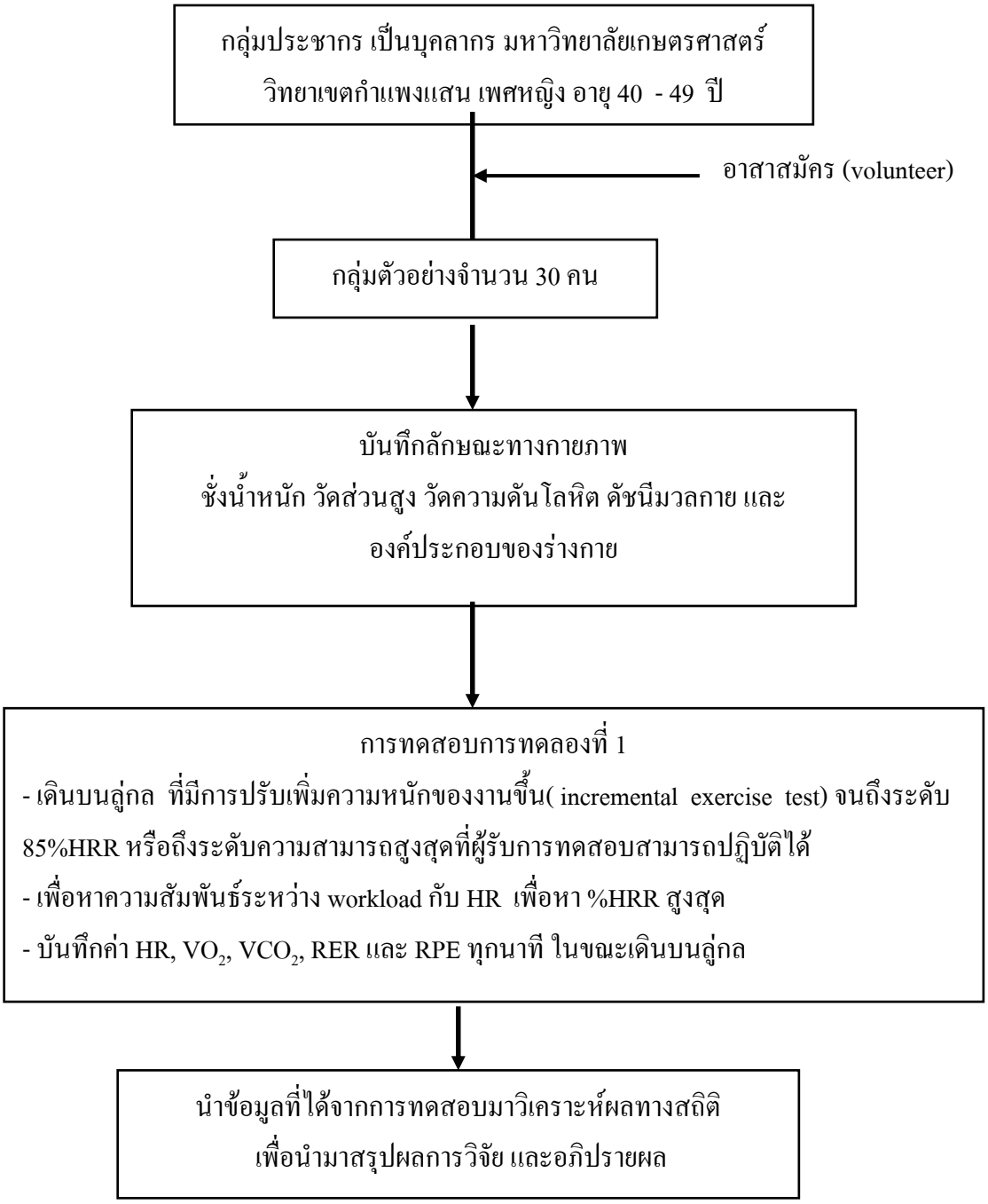
6. การทดลองที่ 1 กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบโดยใช้วิธีการทดสอบแบบเพิ่มความหนักขึ้น incremental exercise test (Achten, 2003) โดยเริ่มต้นทดสอบที่ความเร็ว 2 กม./ชม. ความชัน 2 % เพิ่มความเร็วขึ้น 0.5 กม./ชม. ทุก 2 นาที ความชันคงที่ จนถึงระดับความเร็ว 5.5 กม./ชม. ให้เพิ่มความชัน 1% ทุก 2 นาที จนกระทั่งผู้ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ถึงระดับความหนัก 85 % อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (heart rate reserve; HRR) หรือทำการทดสอบต่อไม่ไหวมีการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ 1 นาที ภายหลังจากการทดสอบ คำนวณหาค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) การคำนวณโดยใช้สมการแบบ multistage model ของ American College of Sports Medicine (2002)

7. คำนวณเปอร์เซ็นต์เผาผลาญพลังงานโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ RER (respiratory exchange-ratio) = VCO_2 / VO_2 ทุก 2 นาที โดยเปอร์เซ็นต์ ของการเผาผลาญไขมัน (% kcal from fat) และคาร์โบไฮเดรต (% kcal from CHO) คำนวณโดยใช้สมการของ McGilver (1983) มาคำนวณในแต่ละระดับความหนัก ของการออกกำลังกาย

8. คำนวณอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) และคาร์โบไฮเดรต (CHO – oxidation rate) คำนวณโดยใช้ค่า VO_2 และ VCO_2 เฉลี่ยทุก 2 นาที โดยใช้สมการที่ไม่นำการสันดาปโปรตีนมาคำนวณของ Peronnet and Massicotte (1991) ในแต่ละระดับความหนัก ของการออกกำลังกาย

9. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อนำมาสรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

แผนผังการทดลองที่ 1



สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองที่ 1

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจากคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย องค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมัน

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 30 40 50 และ60% HRR โดยใช้สถิติ One-way ANOVA with repeated measures และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีการของ Tukey ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

วิธีการดำเนินการทดลองที่ 2

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์ในการวิจัยจากทฤษฎี และหลักการจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย และจากผู้เชี่ยวชาญ

2. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อให้ติดต่อขอใช้อุปกรณ์ สระว่ายน้ำ และสถานที่ในการฝึก จากผู้อำนวยการศูนย์กีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. จัดเตรียมอุปกรณ์ สถานที่ในการทำการทดสอบ และดำเนินการฝึก

4. ชี้แจงขั้นตอนต่างๆ ของการวิจัยกับผู้ช่วย และผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและปฏิบัติได้ถูกต้อง

5. จัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างทั้ง 30 คน โดยวิธีการจัดสมาชิกเข้ากลุ่ม (randomly assigment) เพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน โดยทั้ง 3 กลุ่ม มีดังนี้

กลุ่มควบคุม ทำกิจวัตรตามปกติประจำวัน
กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกออกกำลังกายแบบวงจรในน้ำ 5 สถานี
กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกออกกำลังกายแบบวงจรบนบก 5 สถานี

6. วัดส่วนสูง ชั่งน้ำหนัก วัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการฝึกปฏิบัติ

7. นำกลุ่มตัวอย่างทั้ง 30 คน มาทดสอบความแตกต่างของค่าองค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way analysis of variance; ANOVA)

8. ก่อนเริ่มฝึกทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของกลุ่มทดลอง เพื่อนำไปกำหนดระดับความหนักของงานในการฝึกแบบวงจรในน้ำ และบนบกให้เท่ากัน โดยใช้อัตราการเต้นของชีพจรเป้าหมายตามระดับความหนักของโปรแกรมฝึกแบบวงจรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

8.1 ความหนักที่ใช้ในการฝึกแบบวงจรในน้ำ

Huey and Forzter (1993) กล่าวว่า การกำหนดอัตราการเต้นของชีพจรเป้าหมายในการฝึกแบบวงจรในน้ำจะมีค่าต่ำกว่าการฝึกบนบก ในการคิดอัตราการเต้นของชีพจรเป้าหมายสามารถคำนวณได้ดังนี้

อัตราการเต้นของชีพจรเป้าหมายในการฝึกแบบวงจรในน้ำ = (อัตราการเต้นของชีพจรสูงสุด – อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก) x เปอร์เซ็นต์ความหนักของงาน + อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก – 14 (หน่วยวัดเป็นจำนวนครั้งต่อนาที) เหตุที่ต้องลบด้วย 14 เนื่องจากการออกกำลังกายในน้ำอัตราการเต้นของชีพจรช้ากว่าบนบกประมาณ 14 ครั้งต่อนาที

8.2 ความหนักที่ใช้ในการฝึกแบบวงจรบนบก

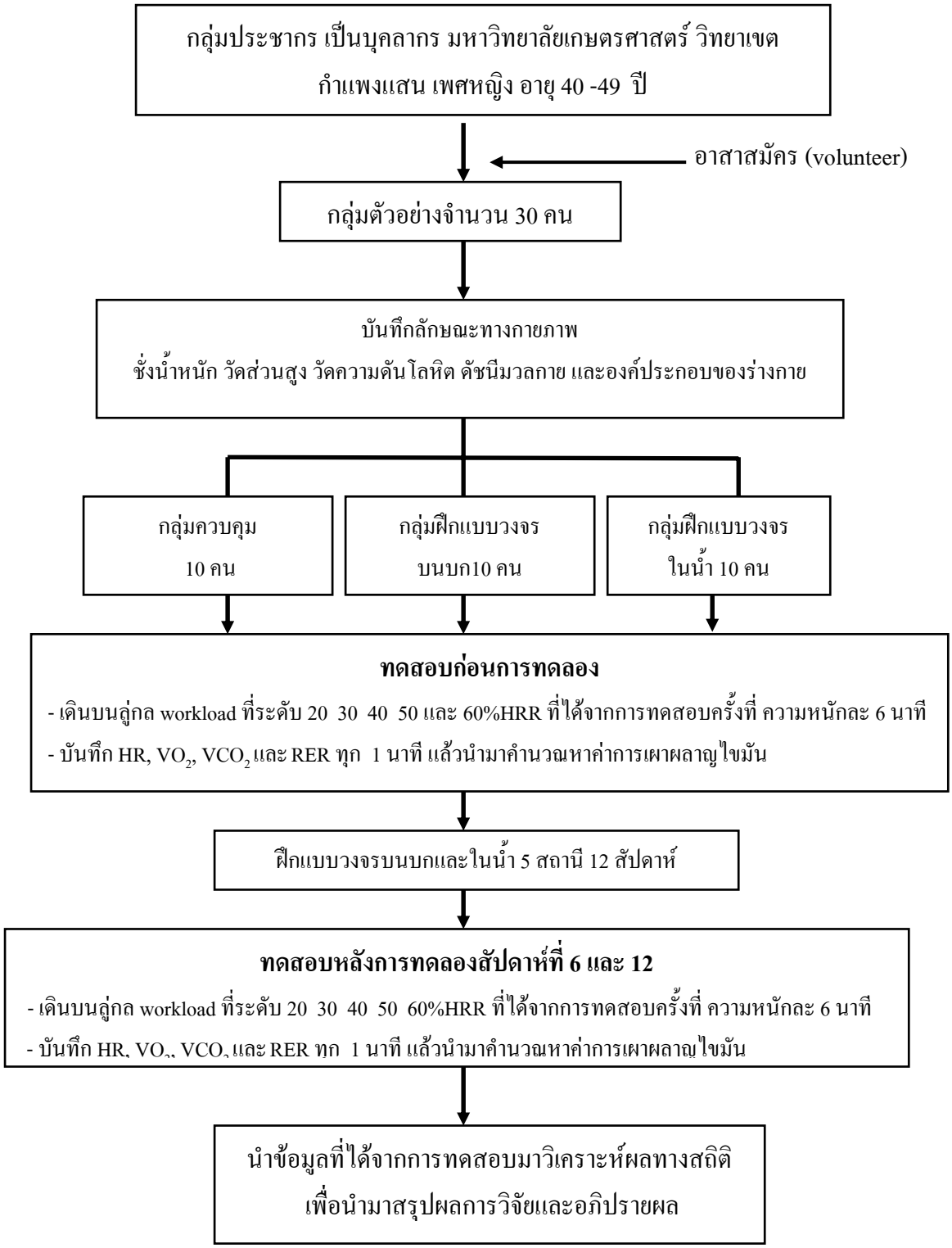
อัตราการเต้นของชีพจรเป้าหมายในการฝึกแบบวงจรบนบก = (อัตราการเต้น-ของชีพจรสูงสุด – อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก) x เปอร์เซ็นต์ความหนักของงาน + อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก (หน่วยวัดเป็นจำนวนครั้งต่อนาที)

9. ทำการฝึกตามโปรแกรมทั้ง 3 กลุ่มเป็นเวลา 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันใน วันจันทร์ พุธ ศุกร์ วันละ 64 – 74 นาที โดยทำการฝึกตั้งแต่เวลา 17.00 -18.30 น. ก่อนเริ่มการฝึกผู้วิจัยทำการปฐมนิเทศน์ และแจกเอกสารชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบ และวัตถุประสงค์ในการทดลองโดยสาธิตขั้นตอน และวิธีการให้ผู้ทดลองมีความเข้าใจสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

10. ทำการวัดองค์ประกอบของร่างกาย และการเผาผลาญไขมัน ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มภายหลังการฝึก 1 วัน ของการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และ 12 โดยให้ผู้ทดสอบงดออกกำลังกาย 1 – 2 วันก่อนการทดสอบ

11. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล คำนวณค่าทางสถิติ สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

แผนผังการทดลองที่ 2



สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองที่ 2

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจากคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย องค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมัน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 ในการทดลองที่ 2 (บุญเรียง, 2545)

2. วิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองวัดซ้ำแบบสองมิติ (repeated measures-in two dimensional design) โดยใช้สถิติ two- way analysis of variance with repeated - measures เพื่อทดสอบผลกระทบที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับระยะเวลาการทดลอง โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (บุญเรียง, 2547) เมื่อพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ให้ทำการทดลองดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบทดลองวัดซ้ำมิติเดียว (repeated measures in one-dimensional design) โดยใช้สถิติ one- way analysis of variance with repeated measures เพื่อทดสอบความแตกต่างของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย องค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันภายในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (บุญเรียง, 2547)

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one- way analysis of variance; ANOVA) โดยใช้สถิติ F-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย องค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมันระหว่าง กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (บุญเรียง, 2547)

2.3 ภายหลังการวิเคราะห์หากพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Tukey กำหนดระดับความนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย

สถานที่

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้สถานที่ในการทำวิจัย คือ

- สระว่ายน้ำ ศูนย์กีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

- ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาในการทำวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะในการทำการทดลองตั้งแต่เดือนมกราคม – มกราคม พ.ศ. 2552

ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดรูปแบบการออกกำลังกายให้กับคนอ้วน และบุคคลทั่วไป ช่วยเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคอ้วน และโรคต่างๆได้อย่างเหมาะสม

2. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า และวิจัยเกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย ในรูปแบบต่างๆ เพื่อการบำบัดและรักษาในคนอ้วน

แหล่งทุนสนับสนุน

ใช้ทุนส่วนตัวของผู้วิจัย

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองที่ 1

เพื่อศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกิน กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่เป็นบุคลากรในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพศหญิง จำนวน 30 คน (อายุ 44.7 ± 0.54 ปี น้ำหนัก 67. 86 ± 1.67 กิโลกรัม ส่วนสูง 1.57 ± 0.96 เมตร ดัชนีมวลกาย 27.62 ± 0.66 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 22.98 ± 0.56 มล.กก $^{-1}$.นาที $^{-1}$) ดังตารางที่ 6 กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบออกกำลังกายแบบเพิ่มความหนักบนลู่กล จนอัตราการเต้นของหัวใจถึงระดับ 85 %HRR หรือถึงระดับความสามารถสูงสุดที่ผู้รับการทดสอบสามารถปฏิบัติได้ เพื่อใช้ทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) และ อัตราการเผาผลาญพลังงาน

การคำนวณค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โดยนำค่า VO_2(L.min $^{-1}$) และ VCO_2 (L.min $^{-1}$) ภายหลังการออกกำลังกายในแต่ละระดับความหนักมาคำนวณโดยใช้สมการที่ปราศจากโปรตีน (Peronnet and Massicotte, 1991) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (means ± S.E.) วิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 30 40 50 และ 60% HRR โดยใช้สถิติ One-way ANOVA with repeated measures และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีการของ Tukey

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) ลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา	กลุ่มผู้หญิงอ้วน (n = 30)
อายุ (ปี)	44.70 ± 0.54
ส่วนสูง(เมตร)	1.57 ± 0.96
น้ำหนักตัว (กก.)	67.86 ± 1.67
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	27.62 ± 0.66
อัตราส่วนรอบวงเอวต่อรอบสะโพก	0.84 ± 0.09
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%)	36.07 ± 0.59
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	76.00 ± 1.40
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	122.00 ± 1.80
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	80.00 ± 1.15
ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด(ลิตร.นาที $^{-1}$)	1.56 ± 0.06
ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด(มล.กก $^{-1}$.นาที $^{-1}$)	22.98 ± 0.56

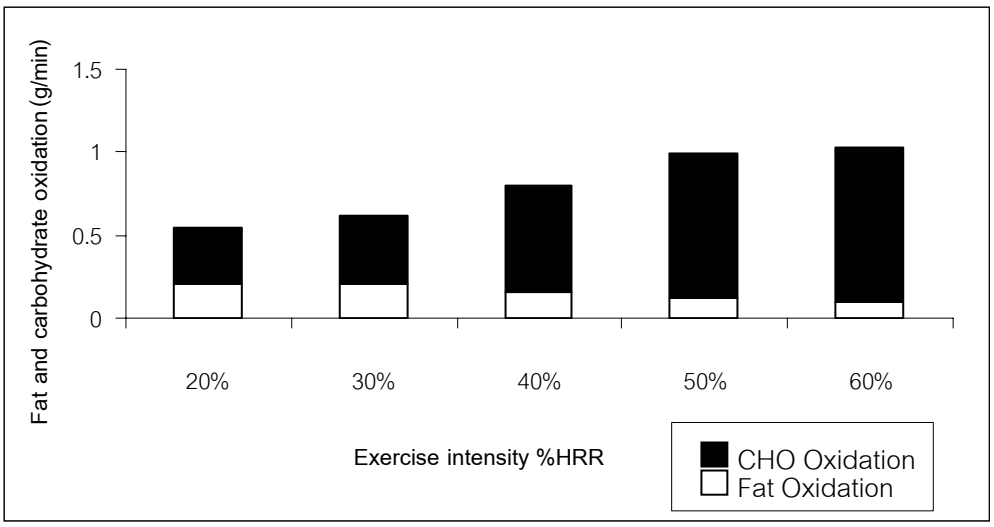
ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) ของอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรตขณะออกกำลังกายที่ความหนักต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง

อัตราการเผาผลาญพลังงาน	กลุ่มผู้หญิงอ้วน (n=30)
อัตราการเผาผลาญไขมัน (กรัม.นาที $^{-1}$)	
20%HRR	0.205 ± 0.14
30%HRR	0.202 ± 0.14
40%HRR	0.153 ± 0.01 ^{ab}
50%HRR	0.117 ± 0.01 ^{abc}
60%HRR	0.095 ± 0.01 ^{ab}
อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (กรัม.นาที $^{-1}$)	
20%HRR	0.341 ± 0.02
30%HRR	0.419 ± 0.03
40%HRR	0.649 ± 0.04 ^{ab}
50%HRR	0.865 ± 0.05 ^{abc}
60%HRR	0.930 ± 0.05 ^{ab}

หมายเหตุ : ^{a} แตกต่างจากความหนักการออกกำลังกายที่ระดับ 20 %HRR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

^{b} แตกต่างจากความหนักการออกกำลังกายที่ระดับ 30 % HRR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

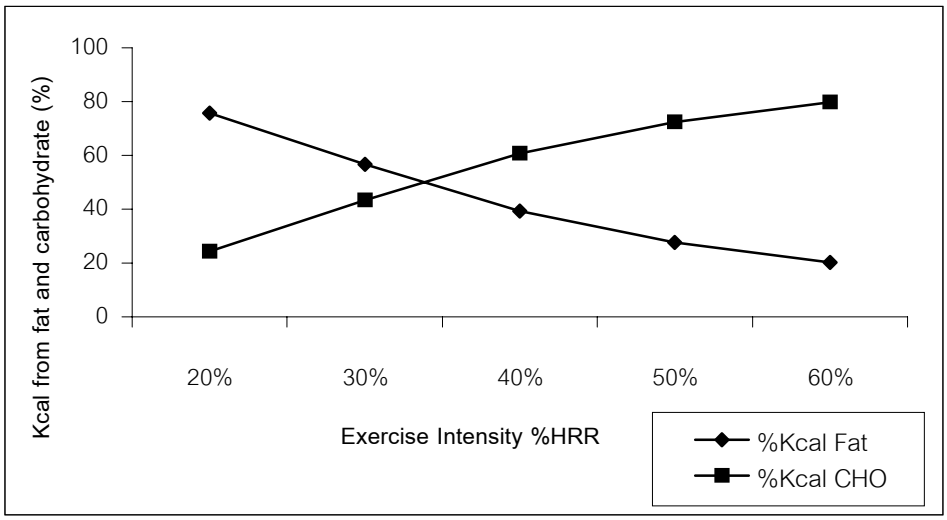
^{c} แตกต่างจากความหนักการออกกำลังกายที่ระดับ 40 % HRR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง

จากตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ(One-way analysis of - variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรตในขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันภายในกลุ่มที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 ($p < .05$) พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (CHO oxidation rate) ในแต่ละระดับความหนักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทดสอบความแตกต่างระหว่างระดับความหนักต่างกันเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการของ Tukey พบว่าการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นการออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 กับ 30 %HRR และ 50 กับ 60 %HRR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้พบว่าค่าอัตราการเผาผลาญไขมันมากที่สุดที่อยู่ที่ระดับความหนักในการออกกำลังกายระดับต่ำ 20% HRR (0.205 ± 0.14 g.min^{-1}) และมีค่าน้อยที่สุดที่ความหนัก 60% HRR (0.095 ± 0.01 g.min^{-1}) ค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดที่อยู่ที่ระดับความหนัก 60% HRR (0.930 ± 0.05 g.min^{-1}) และมีค่าน้อยที่สุดที่ความหนัก 20%HRR (0.341 ± 0.02 g.min^{-1}) ดังในตารางที่ 7 และภาพที่ 1

ในส่วนของเปอร์เซ็นต์การเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรต จุดที่เปอร์เซ็นต์การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (% kcal from CHO) เริ่มใช้เป็นพลังงานมากกว่าเปอร์เซ็นต์การเผาผลาญไขมัน (% kcal from fat) เรียกว่า crossover point อยู่ในช่วงความหนักการออกกำลังกายระดับต่ำช่วงระหว่าง 30 - 40 %HRR ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูจุดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ไขมันมาเป็นคาร์โบไฮเดรต (crossover point)

วิจารณ์การทดลองที่ 1

จากการทดลองที่ 1 ผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า ระดับความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกายเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเผาผลาญพลังงาน มาใช้ในคนอ้วน โดยพบว่าที่ความหนักในการออกกำลังกายที่ระดับต่ำในช่วง 20 – 40 %HRR พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมันจะมีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความหนักที่ระดับปานกลางถึงสูง (50-60 %HRR) สอดคล้องกับ ค่า RER ที่พบในการออกกำลังกายระดับความหนักต่ำในช่วง 20 – 40 %HRR มีค่า RER เท่ากับ 0.77 - 0.83 ซึ่งพบว่าในช่วงนี้ เปอร์เซ็นต์การเผาผลาญไขมันจะมีค่ามากกว่าการออกกำลังกายระดับปานกลางถึงสูงในช่วง 50-60 %HRR ที่มีค่า RER เท่ากับ 0.91- 0.94 โดยค่าของ RER เป็นค่าอัตราส่วนของปริมาณการใช้ VCO_2 / VO_2 เพื่อดูความสมดุลของการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ถ้าค่า RER เท่ากับ 1 แสดงว่า มีการใช้คาร์โบไฮเดรต เป็นพลังงาน 100 % ค่า RER มีค่า 0.7 แสดงว่า มีการใช้

ไขมัน เป็นพลังงาน 100 % (Brooks, 1994) สอดคล้องกับ Dumortier *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาความหนักในการออกกำลังกายที่ระดับต่ำพบว่ามีการเพิ่มการเผาผลาญไขมันในคนอ้วน ถ้าเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายจะพบว่ามีอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตมีระดับสูง เมื่อระดับความหนักในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นจะเพิ่มขบวนการเผาผลาญสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากกลูโคสในกระแสเลือด (plassma glucose) และไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อ (Kristiansen *et al.,* 2000) ในระหว่างการออกกำลังกายกรดไขมันอิสระในกระแสเลือด(plasma free fat acid) และกรดไขมันในกระแสเลือด (plasma triacylglycerol) เป็นตัวช่วยสนับสนุนการเผาผลาญไขมัน เนื่องจากขบวนการเผาผลาญไขมันมีการขนส่งกรดไขมัน (fatty acids) โดยผ่านเนื้อเยื่อของกระแสเลือด (plassma membrane) ส่งผ่านแฟทตีอะซีติวโคเอ (fatty - acetyl CoA) ผ่านชั้นเนื้อเยื่อไมโตคอนเดรีย (mitochondrial membrane) และเพิ่มความสามารถในการทำปฏิกิริยาเบตาออกซิเดทีฟ (β-oxidative) ในขบวนการเผาผลาญไขมัน (Romijn *et al*.,1993; Helge *et al.,*2001)

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเพิ่มระดับความหนักในการออกกำลังกาย การเผาผลาญไขมันมีแนวโน้มจะลดลง และเพิ่มการเผาผลาญพลังงานคาร์โบไฮเดรตมาใช้แทน จุดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ไขมันมาเป็นคาร์โบไฮเดรตเรียกว่า crossover point (Brook, 1994) ในการศึกษาในครั้งนี้พบว่าจุด crossover point อยู่ในช่วงการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่ำในช่วงระหว่าง 30 – 40 %HRR ซึ่งจากการศึกษาของ Brandou (2003) ที่ทำการศึกษาจุด crossover point ในเด็กอ้วน พบว่าอยู่ในช่วงการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่ำ (35 %Wmax) จุด crossover point ของคนอ้วนอยู่ในช่วงระดับความหนักต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับคนที่มีน้ำหนักตัวปกติ ดังที่ Michell (2005) ได้ศึกษาในกลุ่มผู้ใหญ่เพศชาย และหญิงสุขภาพดีไม่อ้วนจะเกิด crossover point ในช่วง 48-53% VO_2max โดยในคนอ้วนจะเกิดจุด crossover point ที่ต่ำกว่า เนื่องจาก คนอ้วนมีประสิทธิภาพในการเผาผลาญไขมันลดลง และดึงไขมันมาใช้ในระดับความหนักในการออกกำลังกายที่ต่ำกว่า (Claudia, 1998) มีการศึกษาพบว่าในกลุ่มคนที่น้ำหนักตัวเกินมีค่าการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation) น้อย เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของการเผาผลาญกลูโคส โดยที่จะจำกัดการสลายกรดไขมัน (long – chain fatty acid oxidation) โดยจะลดการขนส่งกรดไขมัน (fatty acids) ในชั้นของไมโตคอนเดีย (McGarry *et al .,*1989) ที่เป็นแหล่งสร้างพลังงาน อัตราการเผาผลาญกลูโคส จะมากทำให้มีการดึง อินซูลินให้กับกล้ามเนื้อ ทำให้อัตราการเผาผลาญไขมันมีค่าต่ำลงระหว่างการเผาผลาญกลูโคสในการให้พลังงานทั้งหมด

นอกจากนี้ John (2004) ได้ศึกษาในกลุ่มผู้หญิงอ้วนวัยกลางคนพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ในการดึงกรดไขมันอิสระในกระแสเลือด (plasma free fatty acids; FFAs) มาใช้ได้น้อยกว่าคนที่มีน้ำหนักตัวปกติในวัยเดียวกัน เนื่องจากความสามารถในการดึงออกซิเจนมาใช้ในขบวนการเผาผลาญพลังงานในไมโตคอนเดรียในกล้ามเนื้อทำได้น้อย ทำให้การดึงพลังงานมาใช้ขณะกล้ามเนื้อทำงานมีประสิทธิภาพลดลง จึงทำให้อัตราการเผาผลาญไขมันในคนอ้วนจะมีค่ามากในการออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำถึงปานกลาง เนื่องจากมีการใช้กรดไขมันอิสระในกระแสเลือด เป็นพลังงานให้กล้ามเนื้อทำงานจะอยู่ในช่วงระดับความหนักต่ำและปานกลาง (25 และ 65% VO_2max) และจะลดลงมากเมื่อออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง (85% VO_2max) ไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อจะถูกนำมาใช้เป็นพลังงานแทน(Romijn *et al.,* 1993) ดังนั้น การกำหนดความหนักในการออกกำลังกายในกลุ่มคนอ้วนเพื่อต้องการเพิ่มระดับการเผาผลาญไขมันควรอยู่ในระดับความหนักต่ำ

ผลการทดลองที่ 2

ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบของร่างกายก่อนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 10 คน ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 โดยกลุ่มควบคุมปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ กลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกแบบวงจรในน้ำ กลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึกแบบวงจรบนบก ก่อนเริ่มการทดลองมีการวัดค่าลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบของร่างกาย ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบของร่างกาย ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง

ลักษณะทางกายภาพ	กลุ่มตัวอย่าง ($\bar{X} \pm$ S.E.)			F	p
	กลุ่มควบคุม (n=10)	กลุ่มทดลองที่ 1 (n=10)	กลุ่มทดลองที่ 2 (n=10)		
อายุ(ปี)	45.1 ± 0.84	43.0 ± 0.88	46.0 ± 0.88	3.12	0.06
ส่วนสูง(ซม.)	155.4 ± 1.30	158.0 ± 1.11	156.8 ± 2.38	0.58	0.56
น้ำหนัก(กก.)	68.08 ± 3.45	68.55 ± 2.20	67.23 ± 3.11	0.05	0.95
ดัชนีมวลกาย(กก.m^{-2})	28.11 ± 1.21	27.58 ± 1.24	27.33 ± 1.05	0.11	0.89
องค์ประกอบของร่างกาย					
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	37.55 ± 0.91	36.71 ± 0.87	35.43 ± 1.10	1.21	0.31
เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ(ซม.)	33.70 ± 1.04	32.60 ± 1.19	31.45 ± 1.00	1.08	0.35
เส้นรอบวงเอว (ซม.)	87.85 ± 2.80	85.10 ± 2.00	82.30 ± 2.04	1.44	0.25
เส้นรอบสะโพก(ซม.)	101.6 ± 2.69	100.5 ± 1.75	100.0 ± 2.09	0.13	0.87
เส้นรอบวงขาท่อนบน(ซม.)	55.93 ± 1.92	54.15 ± 1.07	54.70 ± 1.57	0.34	0.71
เส้นรอบวงน่อง (ซม.)	37.30 ± 1.24	37.67 ± 0.51	36.50 ± 0.77	0.44	0.65
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก	0.86 ± 0.01	0.85 ± 0.01	0.82 ± 0.01	1.66	0.21

*$p < 0.05$ ($F_{2,27} = 3.35$)

จากตารางที่ 8 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีลักษณะทางกายภาพ ที่ประกอบด้วยอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย และองค์ประกอบของร่างกายที่ประกอบด้วย เปอร์เซ็นต์ไขมัน เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว เส้นรอบสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานใกล้เคียงกันจึงไม่เกิดความได้เปรียบหรือเสียเปรียบกันและกันก่อนการทดลอง

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรตของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ภายหลังการออกกำลังกายในแต่ละระดับความหนักก่อนการทดลอง

อัตราการเผาผลาญพลังงาน	กลุ่มตัวอย่าง ($\bar{X} \pm$ S.E.)			F	p
	กลุ่มควบคุม (n=10)	กลุ่มทดลองที่ 1 (n=10)	กลุ่มทดลองที่ 2 (n=10)		
อัตราการเผาผลาญไขมัน (กรัม.นาที$^{-1}$)					
ขณะยืนพัก	0.043 ± 0.004	0.042 ± 0.004	0.039 ± 0.005	0.16	0.85
ขณะออกกำลังกาย					
ความหนัก 20 % HRR	0.138 ± 0.015	0.136 ± 0.010	0.132 ± 0.006	0.07	0.93
ความหนัก 30 % HRR	0.118 ± 0.013	0.118 ± 0.004	0.117 ± 0.005	0.01	0.99
ความหนัก 40 % HRR	0.117 ± 0.012	0.117 ± 0.004	0.116 ± 0.006	0.02	0.98
ความหนัก 50 % HRR	0.114 ± 0.010	0.116 ± 0.004	0.111 ± 0.006	1.06	0.36
ความหนัก 60 % HRR	0.100 ± 0.019	0.101 ± 0.006	0.090 ± 0.007	0.87	0.43
อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต(กรัม.นาที$^{-1}$)					
ขณะยืนพัก	0.116 ± 0.020	0.129 ± 0.037	0.190 ± 0.023	1.94	1.60
ขณะออกกำลังกาย					
ความหนัก 20 % HRR	0.233 ± 0.036	0.221 ± 0.046	0.357 ± 0.041	3.26	0.06
ความหนัก 30 % HRR	0.409 ± 0.048	0.472 ± 0.056	0.491 ± 0.049	0.68	0.51
ความหนัก 40 % HRR	0.596 ± 0.046	0.593 ± 0.075	0.577 ± 0.073	0.02	0.98
ความหนัก 50 % HRR	0.739 ± 0.061	0.766 ± 0.104	0.618 ± 0.054	1.06	0.36
ความหนัก 60 % HRR	0.819 ± 0.058	0.944 ± 0.107	0.802 ± 0.075	0.87	0.43

*$p < 0.05$ ($F_{2,27} = 3.35$)

จากตารางที่ 9 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานใกล้เคียงกันจึงไม่เกิดความได้เปรียบหรือเสียเปรียบกันและกันก่อนการทดลอง

ตารางที่10 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\overline{X} \pm$ S.E.) ของลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ภายหลังการออกกำลังกายในแต่ละระดับความหนัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนการทดลอง[@]	ภายหลังการทดลอง	
		สัปดาห์ที่ 6[@]	สัปดาห์ที่ 12[@]
น้ำหนัก (กก.)			
กลุ่มควบคุม[@@]	68.08 ± 3.45	68.80 ± 3.53	69.32 ± 3.54
กลุ่มทดลองที่1[@@]	68.55 ± 2.20	67.69 ± 2.25	66.94 ± 2.25
กลุ่มทดลองที่2[@@]	67.23 ± 3.11	66.27 ± 3.11	65.71 ± 3.15
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)			
กลุ่มควบคุม[@@]	28.11 ± 1.21	28.44 ± 1.25	30.23 ± 1.84
กลุ่มทดลองที่ 1[@@]	27.58 ± 1.24	27.25 ± 1.25	26.94 ± 1.25
กลุ่มทดลองที่ 2[@@]	27.33 ± 1.05	26.94 ± 1.07	26.72 ± 1.09
เปอร์เซ็นต์ไขมัน			
กลุ่มควบคุม[@@]	37.55 ± 0.91	38.27 ± 0.90	38.79 ± 0.88
กลุ่มทดลองที่ 1[@@]	36.71 ± 0.87	35.98 ± 0.88 [#]	35.37 ± 0.90 [#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	35.43 ± 1.10	34.68 ± 1.13 [#]	34.05 ± 1.09 [#]
เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ (ซม.)			
กลุ่มควบคุม[@@]	33.70 ± 1.04	34.40 ± 1.07	35.00 ± 1.05
กลุ่มทดลองที่ 1[@@]	32.60 ± 1.19	32.00 ± 1.08	31.30 ± 1.09 [#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	31.45 ± 1.00	31.30 ± 1.05	30.30 ± 1.02 [#]

ตารางที่ 10 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนการทดลอง[@]	ภายหลังการทดลอง	
		สัปดาห์ที่ 6[@]	สัปดาห์ที่ 12[@]
เส้นรอบวงเอว (ซม.)			
กลุ่มควบคุม[@@]	87.85 ± 2.80	88.70 ± 2.81	89.40 ± 2.78
กลุ่มทดลองที่ 1[@@]	85.10 ± 2.00	85.10 ± 2.00	83.70 ± 2.01 [a b]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	82.30 ± 2.04	82.30 ± 2.04	80.92 ± 2.01 [a b #]
เส้นรอบสะโพก (ซม.)			
กลุ่มควบคุม[@@]	101.6 ± 2.69	102.35 ± 2.63	102.66 ± 2.61
กลุ่มทดลองที่1[@@]	100.5 ± 1.75	99.92 ± 1.76	99.51 ± 1.68
กลุ่มทดลองที่2[@@]	100.0 ± 2.09	99.57 ± 1.99	99.12 ± 1.98
เส้นรอบวงขาท่อนบน (ซม.)			
กลุ่มควบคุม[@@]	55.93 ± 1.92	56.60 ± 1.86	57.20 ± 1.90
กลุ่มทดลองที่1[@@]	54.15 ± 1.07	53.47 ± 1.01	53.10 ± 0.99
กลุ่มทดลองที่2[@@]	54.70 ± 1.57	53.87 ± 1.45 [a]	53.35 ± 1.43 [a]
เส้นรอบวงน่อง (ซม.)			
กลุ่มควบคุม[@@]	37.30 ± 1.24	37.94 ± 1.28	38.50 ± 1.24
กลุ่มทดลองที่1[@@]	37.67 ± 0.51	37.55 ± 0.51	37.15 ± 0.48
กลุ่มทดลองที่2[@@]	36.50 ± 0.77	36.05 ± 0.83	35.70 ± 0.83
อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.86 ± 0.01	0.86 ± 0.17	0.87 ± 0.16
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.85 ± 0.01	0.84 ± 0.14	0.82 ± 0.14
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.82 ± 0.01	0.82 ± 0.015	0.81 ± 0.15[#]

หมายเหตุ : @ วิเคราะห์ข้อมูลระหว่างกลุ่มโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

@@ วิเคราะห์ข้อมูลภายในกลุ่มโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

a แตกต่างจากก่อนการทดลองในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

b แตกต่างจากภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่6 ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระยะเวลาเดียวกัน

1. น้ำหนักตัว

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของน้ำหนักตัวที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้ทำการชั่งน้ำหนักตัวของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้วพบว่ามีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 68.08 ± 3.45 68.55 ± 2.20 และ67.23 ± 3.11 ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.95$)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.84$) และกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักตัวมากที่สุด มีค่า 68.80 ± 3.53 กิโลกรัม ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีน้ำหนักตัวเท่ากับ 67.69 ± 2.25 และ 67.27 ± 3.11 ตามลำดับ ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีน้ำหนักตัวลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ($p = 0.70$) โดยไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 1 และระหว่างกลุ่มทดลองที่ 2 โดยกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักตัวเท่ากับ 69.32 ± 3.54 ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 1 และ กลุ่มทดลองที่ 2 มีน้ำหนักตัวเท่ากับ

66.94 ± 2.25 และ 65.71 ± 3.15 ตามลำดับ ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีน้ำหนักตัวลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าน้ำหนักตัวภายในกลุ่มควบคุมกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน น้ำหนักตัวภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า น้ำหนัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน น้ำหนักตัวภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า น้ำหนัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของน้ำหนักตัว

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน น้ำหนักตัวภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า น้ำหนัก ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของน้ำหนักตัว

2. ดัชนีมวลกาย

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของดัชนีมวลกายที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาค่าดัชนีมวลกายของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 28.11 ± 1.21 27.58 ± 1.24 และ 27.33 ± 1.05 ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p=0.89)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าดัชนีมวลกาย ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.65$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.65$) โดยกลุ่มควบคุมมีดัชนีมวลกายมากที่สุด คือ 28.44 ± 1.25 และ 26.94 ± 1.07 ตามลำดับซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีดัชนีมวลกายลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า ค่าดัชนีมวลกายระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ($p = 0.17$) โดยกลุ่มควบคุมมีดัชนีมวลกายเท่ากับ 30.23 ± 1.84 ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีดัชนีมวลกายเท่ากับ 26.94 ± 1.25 26.72 ± 1.09 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าโดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.17$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.17$) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีดัชนีมวลกายลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบความแตกต่างของดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของดัชนีมวลกายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน ดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการเพิ่มขึ้นของดัชนีมวลกายในกลุ่มควบคุม

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน ดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของดัชนีมวลกายในกลุ่มทดลองที่ 1

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน ดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของดัชนีมวลกายในกลุ่มทดลองที่ 2

3. เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 37.55 ± 0.91 36.71 ± 0.87 35.43 ± 1.10 ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.31$)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 38.27 ± 0.90 35.98 ± 0.88 และ 34.68 ± 1.13 ตามลำดับ พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.04$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($p = 0.04$) โดยกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายมากที่สุด และพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 38.79 ± 0.88 35.3 ±0.90 และ 34.05 ± 1.09 ตามลำดับ พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.05) ซึ่งพบว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.04) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 (p = 0.00) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 (p = 0.00) โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่10 ดังนี้

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ก่อนทดลอง ทดภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลง

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย

4. เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาค่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 33.70 ± 1.04 32.60 ± 1.19 และ 31.45 ± 1.00 ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.31)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอของ กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 34.40 ± 1.07 32.00 ± 1.08 และ 31.30 ± 1.05 ตามลำดับ พบว่าค่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.08) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.08) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 (p = 0.08) โดยกลุ่มควบคุมมีเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอมากที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 แต่มีการลดลงของเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 35.00 ± 1.05 31.30 ±1.09 และ 30.30 ±1.02 ตามลำดับ พบว่า ค่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.01) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.04) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 (p = 0.01) โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการเพิ่มขึ้นของ เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ในกลุ่มทดลองที่ 1

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของ เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ

5. เส้นรอบวงเอว

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงเอว ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของเส้นรอบวงเอว ที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาค่าเส้นรอบวงเอว ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 87.85 ± 2.80 85.10 ± 2.00 และ 82.30 ± 2.04 ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.25$)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงเอว ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 88.70 ± 2.81 85.10 ± 2.00 และ 82.30 ± 2.04 ตามลำดับ พบว่า ค่าเส้นรอบวงเอว ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.08$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.08$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($p = 0.08$) โดยกลุ่มควบคุมมีเส้นรอบวงเอวมากที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงเอว ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่เส้นรอบวงเอว กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงเอว ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 89.40 ± 2.78 83.70 ± 2.01 และ 80.92 ± 2.10 ตามลำดับ พบว่า ค่าเส้นรอบวงเอว ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ($p = 0.04$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.21$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.04$) โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงเอวลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงเอว ก่อนทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงเอว ภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงเอว ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงเอว ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของเส้นรอบวงเอว

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงเอว ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงเอว ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้ ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงเอว ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า เส้นรอบวงเอว ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้ ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มทดลองที่ 2 มีการลดลงของ อัตราส่วนเส้นรอบวงเอว

6. เส้นรอบวงสะโพก

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงสะโพกระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของเส้นรอบวงสะโพกที่แสดงในตารางที่10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาค่าเส้นรอบวงสะโพกของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 101.6 ± 2.69 100.5 ± 1.75 และ 100.0 ± 2.09 ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบ

ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.87$)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงสะโพกของ กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 102.35 ± 2.63 99.92 ± 1.76 และ 99.57 ± 1.99 ตามลำดับ พบว่าค่าเส้นรอบวงสะโพก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.62$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.62$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($p = 0.62$) โดยกลุ่มควบคุมมีเส้นรอบวงสะโพกมากที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงสะโพกลดลงมากว่ากลุ่มควบคุม แต่เส้นรอบวงสะโพก กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.62$)

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงสะโพก ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 102.66 ± 2.61 99.51 ± 1.68 และ 99.12 ± 1.98 ตามลำดับ พบว่าค่าเส้นรอบวงสะโพก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ($p = 0.46$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.46$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($p = 0.46$) โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงสะโพก ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม การเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ เส้นรอบวงสะโพก ภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงสะโพก ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของเส้นรอบวงสะโพก

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของเส้นรอบวงสะโพก

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงสะโพก ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของเส้นรอบวงสะโพก

7. เส้นรอบวงขาท่อนบน

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงขาท่อนบนระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของเส้นรอบวงขาท่อนบนที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาค่าเส้นรอบวงขาท่อนบนของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 55.93 ± 1.92 54.15 ± 1.07 และ 54.70 ± 1.57 ตามลำดับพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.71$)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงขาท่อนบน ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 56.60 ± 1.86 53.47 ± 1.01 และ 53.87 ± 1.45 ตามลำดับ พบว่าค่าเส้นรอบวงขาท่อนบนระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.29$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.29$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.29$) โดยกลุ่มควบคุมมีเส้นรอบวงขาท่อนบน มากที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงขาท่อนบน ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

แต่เส้นรอบวงขาท่อนบนกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.29$)

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงขาท่อนบนของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 57.20 ± 1.90 53.10 ± 0.99 และ 53.35 ± 1.43 ตามลำดับ พบว่า เส้นรอบวงขาท่อนบนระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ($p = 0.11$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.11$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($p = 0.11$) โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงขาท่อนบนลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงขาท่อนบน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงขาท่อนบนภายในกลุ่มควบคุมกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงขาท่อนบน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงขาท่อนบน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงขาท่อนบน

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงขาท่อนบน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงขาท่อนบน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของ เส้นรอบวงขาท่อนบน

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงขาท่อนบน ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และการฝึกสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงขาท่อนบน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. เส้นรอบวงน่อง

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงน่อง ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของเส้นรอบวงน่อง ที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาค่าเส้นรอบวงน่อง ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 37.30 ± 1.24 37.67 ± 0.51 และ 36.50 ± 0.77 ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.65$)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงน่อง ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 37.94 ± 1.28 37.55 ± 0.51 และ 36.05 ± 0.83 ตามลำดับ พบว่า ค่าเส้นรอบวงน่อง ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.33$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.33$) และกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($p = 0.33$) โดยกลุ่มควบคุมมีเส้นรอบวงน่อง มากที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงน่อง ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่เส้นรอบวงน่อง กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($p = 0.33$)

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นรอบวงน่อง ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 38.50 ± 1.24 37.15 ± 0.48 และ 35.70 ± 0.83 ตามลำดับ พบว่าเส้นรอบวงน่อง ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.11$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.11$) และกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($p = 0.11$) โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($p = 0.11$) ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงน่อง ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงน่อง ก่อนการทดลอง ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงน่องภายในกลุ่มควบคุมกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงน่อง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงน่อง ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงน่อง

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงน่อง ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงน่อง ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของเส้นรอบวงน่อง

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงน่อง ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า เส้นรอบวงน่อง ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของ เส้นรอบวงน่อง

9. อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่า

ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.86 ± 0.01 0.85 ± 0.01 และ 0.82 ± 0.01 ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.21$)

ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ของ กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.86 ± 0.17 0.84 ± 0.14 และ 0.82 ± 0.01 ตามลำดับ พบว่าค่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.07$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.07$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($p = 0.07$) โดยกลุ่มควบคุมมีอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก มากที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพกลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่เส้นอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.87 ± 0.16 0.82 ± 0.14 และ 0.81 ± 0.15 ตามลำดับ
พบว่า อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.02$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.17$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติระดับ .05 ($p = 0.02$) โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพกภายใน กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เส้นรอบวงน่อง ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการเพิ่มขึ้น ของอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของ อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก

อัตราการเผาผลาญไขมัน

ตารางที่11 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.) ของอัตราการเผาผลาญไขมันของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ภายหลังการออกกำลังกายในแต่ละระดับความหนักก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12

กลุ่มตัวอย่าง	อัตราการเผาผลาญไขมัน (กรัม.นาที$^{-1}$)		
	ก่อนการทดลอง$^{@}$	ภายหลังการทดลอง	
		สัปดาห์ที่ 6$^{@}$	สัปดาห์ที่ 12$^{@}$
ขณะยืนพัก			
กลุ่มควบคุม$^{@@}$	0.043 ± 0.004	0.031 ± 0.006^{a}	$0.036 \pm 0.006^{a\,b}$
กลุ่มทดลองที่1$^{@@}$	0.042 ± 0.004	0.046 ± 0.004	$0.066 \pm 0.005^{\#}$
กลุ่มทดลองที่2$^{@@}$	0.039 ± 0.005	0.047 ± 0.004^{a}	$0.058 \pm 0.004^{a\,b\,\#}$
ขณะออกกำลังกาย)			
ความหนัก 20 % HRR			
กลุ่มควบคุม$^{@@}$	0.138 ± 0.015	0.129 ± 0.018^{a}	$0.118 \pm 0.018^{a\,b}$
กลุ่มทดลองที่1$^{@@}$	0.136 ± 0.010	0.155 ± 0.023^{a}	$0.164 \pm 0.023^{a\,b\,\#}$
กลุ่มทดลองที่2$^{@@}$	0.132 ± 0.006	0.140 ± 0.006	$0.161 \pm 0.008^{a\,\#}$
ความหนัก 30 % HRR			
กลุ่มควบคุม$^{@@}$	0.118 ± 0.013	0.110 ± 0.015	0.098 ± 0.016
กลุ่มทดลองที่1$^{@@}$	0.118 ± 0.004	0.145 ± 0.013^{a}	$0.164 \pm 0.017^{a\,b\,\#}$
กลุ่มทดลองที่2$^{@@}$	0.117 ± 0.005	0.139 ± 0.007	$0.166 \pm 0.006^{a\,\#}$

ตารางที่11 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง	อัตราการเผาผลาญไขมัน (กรัม.นาที$^{-1}$)		
	ก่อนการทดลอง[@]	ภายหลังการทดลอง	
		สัปดาห์ที่ 6[@]	สัปดาห์ที่ 12[@]
ขณะออกกำลังกาย			
ความหนัก 40 % HRR			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.117 ± 0.012	0.122 ± 0.019	0.096 ± 0.015
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.117 ± 0.004	0.144 ± 0.007[a]	0.163 ± 0.012[a b #]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.116 ± 0.006	0.132 ± 0.005[a]	0.164 ± 0.007[a b #]
ความหนัก 50 % HRR			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.114 ± 0.010	0.088 ± 0.015	0.089 ± 0.014
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.116 ± 0.004	0.133 ± 0.004[#]	0.155 ± 0.006[#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.111 ± 0.006	0.129 ± 0.006[a #]	0.147 ± 0.006[a b #]
ความหนัก 60 % HRR			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.100 ± 0.019	0.100 ± 0.016[a]	0.073 ± 0.015
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.101 ± 0.006	0.114 ± 0.016[a]	0.149 ± 0.013[a b #]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.090 ± 0.007	0.120 ± 0.009	0.144 ± 0.006[a #]

หมายเหตุ : @ วิเคราะห์ข้อมูลระหว่างกลุ่มโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

@@ วิเคราะห์ข้อมูลภายในกลุ่มโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

a แตกต่างจากก่อนการทดลองในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

b แตกต่างจากภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่6 ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระยะเวลาเดียวกัน

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของอัตราการเผาผลาญไขมันที่แสดงในตารางที่ 11 พบว่า

1. ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาอัตราการเผาผลาญไขมัน ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 11 พบว่าค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.66$) ($p = 0.54$) ($p = 0.13$) ($p = 0.47$) ($p = 0.63$) ตามลำดับยกเว้นขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.00$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.01$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.02$) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.97$)

3. ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมันขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ60 % HRR ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 11 พบว่าค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้

ค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.03) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.03) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.03) กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.62)

ค่าอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.03) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.99)

ค่าอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.01) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.01) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.01) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.97)

ค่าอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 40 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.99)

ค่าอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.84)

ค่าอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.96)

โดยสรุปกลุ่มควบคุมมีอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR น้อยที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR เพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่อัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเผาผลาญไขมันขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเผาผลาญไขมัน ภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 11

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราการเผาผลาญไขมันขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR และ 60 % HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม ดังนี้

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 60 % HRR ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สำหรับอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 60 % HRR ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มควบคุมมีการลดลงของอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก และขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 1 ดังนี้

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สำหรับขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR และ 60% HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 1 ดังนี้

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า อัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR และ 60 % HRR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR และ 60 % HRR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.) ของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ภายหลังการออกกำลังกายในแต่ละระดับความหนัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12

กลุ่มตัวอย่าง	อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (กรัม.นาที$^{-1}$)		
	ก่อนการทดลอง[@]	ภายหลังการทดลอง	
		สัปดาห์ที่ 6[@]	สัปดาห์ที่ 12[@]
ขณะยืนพัก			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.116 ± 0.020	0.183 ± 0.032	0.182 ± 0.027
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.129 ± 0.037	0.120 ± 0.012	0.113 ± 0.010[#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.190 ± 0.023	0.168 ± 0.019	0.178 ± 0.164[#]
ขณะออกกำลังกาย			
ความหนัก 20 % HRR			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.233 ± 0.036	0.409 ± 0.080[a]	0.429 ± 0.068[a]
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.221 ± 0.046	0.167 ± 0.036	0.190 ± 0.031[a#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.357 ± 0.041	0.301 ± 0.039	0.275 ± 0.031[a#]
ความหนัก 30 % HRR			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.409 ± 0.048	0.426 ± 0.054	0.563 ± 0.076
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.472 ± 0.056	0.365 ± 0.066[a]	0.380 ± 0.040[#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.491 ± 0.049	0.456 ± 0.044	0.386 ± 0.244[a#]
ความหนัก 40 % HRR			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.596 ± 0.046	0.589 ± 0.093	0.780 ± 0.073
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.593 ± 0.075	0.475 ± 0.053	0.525 ± 0.052[#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.577 ± 0.073	0.522 ± 0.043	0.500 ± 0.051[#]

ตารางที่ 12 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง	อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (กรัม.นาที$^{-1}$)		
	ก่อนการทดลอง[@]	ภายหลังการทดลอง	
		สัปดาห์ที่ 6[@]	สัปดาห์ที่ 12[@]
ขณะออกกำลังกาย			
ความหนัก 50 % HRR			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.739 ± 0.061	0.706 ± 0.096	0.767 ± 0.101
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.766 ± 0.104	0.677 ± 0.082[#]	0.671 ± 0.075[#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.618 ± 0.054	0.580 ± 0.054[#]	0.576 ± 0.032[#]
ความหนัก 60 % HRR			
กลุ่มควบคุม[@@]	0.819 ± 0.058	0.829 ± 0.082	1.010 ± 0.083
กลุ่มทดลองที่1[@@]	0.944 ± 0.107	0.778 ± 0.047	0.718 ± 0.059[#]
กลุ่มทดลองที่2[@@]	0.802 ± 0.075	0.697 ± 0.063	0.655 ± 0.090[#]

หมายเหตุ : @ วิเคราะห์ข้อมูลระหว่างกลุ่มโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

@@ วิเคราะห์ข้อมูลภายในกลุ่มโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

a แตกต่างจากก่อนการทดลองในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

b แตกต่างจากภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่6 ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระยะเวลาเดียวกัน

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา คือ ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 จากข้อมูลของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ที่แสดงในตารางที่ 12 พบว่า

1. ก่อนเริ่มทำการทดลองในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้มีการหาอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะยืนพักของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้ว พบว่ามีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 12 เมื่อทำการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบว่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p= 0.16$) ($p= 0.06$) ($p = 0.51$) ($p = 0.98$) ($p= 0.36$) และ ($p = 0.43$) ตามลำดับ

2. ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่าค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.14$) ($p = 0.07$) ($p = 0.53$) ($p = 0.49$) ($p = 0.37$) ตามลำดับ ยกเว้นขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.02$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.01$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.02$) กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.97$)

โดยกลุ่มควบคุมมีอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR น้อยที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR เพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่าค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.03$) ($p = 0.01$) ($p = 0.03$) ($p = 0.00$) ($p = 0.02$) ($p = 0.01$) ตามลำดับ ดังนี้

ค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.03$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.03$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.03$) กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.62$)

ค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.01$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.00$) และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.03$) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = 0.99$)

ค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.01) โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.01) และกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.01) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.97)

ค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 40 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) และกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.99)

ค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) และกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.84)

ค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) และกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.96)

โดยกลุ่มควบคุมมีอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR น้อยที่สุด ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ

60 % HRR เพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

การเปรียบเทียบความแตกต่าง ของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 12

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้น อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม ดังนี้

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พบว่า ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม พบว่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มควบคุมมีการลดลงของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้น อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR และ 30 % HRR ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามลำดับ

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 พบว่า อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ยกเว้น อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR และ 30 % HRR ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิจารณ์การทดลองที่ 2

องค์ประกอบของร่างกาย

ในการวิจัยครั้งนี้โปรแกรมการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ทำให้องค์ประกอบของร่างกาย ในด้านน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว เส้นรอบวงสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง เส้นรอบวงเอวต่อรอบสะโพก ของกลุ่มทดลองบนบก และในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนา ด้านองค์ประกอบของร่างกายมากกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากการออกกำลังกายแบบวงจรบนบกและในน้ำเป็นรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ที่ช่วยในการเผาผลาญพลังงานในขณะออกกำลังกายในคนอ้วน โดยมีการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อมีการทำงานเพิ่มมากขึ้นช่วยดึงไขมันใต้ผิวหนัง ในส่วนต่างๆของร่างกายนำมาใช้ทำให้ปริมาณไขมันใต้ผิวหนัง ลดลงทำให้กล้ามเนื้อกระชับขึ้น โดยเฉพาะการออกกำลังกายในน้ำทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว อัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบวงสะโพก มีค่าลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ฝึกแบบวงจรบนบก ซึ่งสอดคล้องกับ Wadell *et al.*(2005) ที่พบว่า การออกกำลังกายในน้ำเป็นการออกกำลังกายที่มีแรงต้านของน้ำทุกทิศทางทำให้กล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหวมีการกระตุ้นการเพิ่ม มวลกล้ามเนื้อ ทำให้น้ำหนักตัวหลังการฝึกไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยทำให้กล้ามเนื้อมีการดึงไขมันปริมาณน้ำในร่างกายมาใช้ จึงทำให้ไขมันและน้ำในร่างกายลดลง การออกกำลังกายในน้ำทำให้มีการเพิ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงและความอดทนเพิ่มมากขึ้น

ในการวิจัยในครั้งนี้ในด้านน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มแบบวงจรบนบกและในน้ำ กับกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างในด้านน้ำหนักตัว ทั้งนี้เนื่องจากการออกกำลังกายในคนอ้วนมีข้อจำกัดในการออกกำลังกายโดยเฉพาะในเรื่องของสุขภาพร่างกายทำให้ความหนักที่ใช้ในการฝึกต้องเป็นความหนักระดับต่ำถึงปานกลาง จะส่งผลให้มีการเผาผลาญไขมันเพิ่มทำให้น้ำหนักตัวลดลงและคงน้ำหนักตัวไว้ ดังที่ Mouglos *et al.*(2005) ได้ศึกษาพบว่าผลของความหนักในการออกกำลังกายระดับต่ำทำให้สัดส่วนร่างกาย มวลของร่างกายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 กลุ่ม โดยจะลดลงมากกว่าในกลุ่มที่ฝึกด้วยความหนักระดับสูง นอกจากนี้ต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกนาน และความถี่ในการฝึกต้องมากกว่าบุคคลทั่วไป ส่งผลให้การออกกำลังกายเพื่อต้องการลดน้ำหนักไม่ได้ผลเท่าที่ควร แต่การออกกำลังกายช่วยทำให้ระบบการทำงานต่างๆทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สอดคล้องกับ Saris *et al*. (2003) ได้แนะนำว่าการออกกำลังกาย 40- 60 นาที ด้วยน้ำหนักระดับต่ำถึงปานกลาง ในแต่ละวัน สามารถป้องกันการมีน้ำหนักตัวเกิน และโรคอ้วน สำหรับการออกกำลังกายที่ป้องกันการมีน้ำหนักตัวเพิ่มต้องออกกำลังกาย 60 – 90 นาทีที่ระดับความหนักต่ำถึงปานกลาง เพราะคนอ้วนมีโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ การออกกำลังกายในคนอ้วนเพื่อลดน้ำหนักควรเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการออกกำลังกายแบบวงจร ความหนักในการฝึก 40-50 % HRR ซึ่งเป็นความหนักในระดับต่ำ ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 12 สัปดาห์ เวลาในการฝึก 64 – 74 นาที ดังที่ Carlon *et al* .(1999) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบวงจรในกลุ่มผู้ใหญ่อ้วนสุขภาพดี ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีน้ำหนักและไขมันลดลง การออกกำลังกายช่วยควบคุมน้ำหนักตัว และเพิ่มการสลายไขมันในคนอ้วน สอดคล้องกับ Dorien *et al*.(2002) ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบต่อเนื่องด้วยความหนักระดับต่ำในผู้ชายอ้วน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างน้ำหนักลด ระดับของ การเผาผลาญไขมัน การใช้พลังงาน ในช่วงพัก ออกกำลังกาย และการฟื้นสภาพหลังการออกกำลังกายมีการรักษาระดับที่ดีทั้ง 2 กลุ่ม และสามารถลดการเพิ่มของน้ำหนักตัว ในผู้ชายอ้วน งานวิจัยในครั้งนี้ระดับความหนักที่ใช้ในการฝึกมีความเหมาะสม แต่ความถี่ในการฝึกยังถือว่าน้อยไปสำหรับใช้ในการลดน้ำหนักในคนอ้วน ความถี่ 3 วันต่อสัปดาห์โดยไม่มีการคุมอาหารเป็นการออกกำลังกายเพียงแค่ควบคุมน้ำหนัก ทำให้ภายหลังการฝึกน้ำหนักตัวจึงลดลงไม่มากเท่าที่ควร หากต้องการลดน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ด้วยการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว ร่างกายต้องใช้พลังงานด้วยการเดินหรือการวิ่งช้าๆ เป็นระยะทางรวมประมาณ 10 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องกันนานถึง 24 สัปดาห์ (Slentz, 2004) หากต้องการลดน้ำหนักตัวในคนที่เป็นโรคอ้วน ควรทำการออกกำลังกายอย่างน้อย 60- 80 นาที ต่อวัน ไม่น้อยกว่า 6 วันต่อสัปดาห์ เท่ากับใช้พลังงานประมาณ 10,000 – 14,000 กิโลแคลอรี่ต่อสัปดาห์ (Wing, 2001) จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่าความหนัก ความถี่ ในการฝึกมีผลต่อการลดลงของน้ำหนักตัวในคนอ้วนแต่ลดลงไม่มากเนื่องจากผู้หญิงในวัยกลางคนระบบการเผาผลาญต่างๆมีการทำงานลดลง ส่วนในกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องมาจากกลุ่มควบคุมมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว ในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน ทำให้มีการใช้พลังงาน แต่เป็นลักษณะการใช้พลังงานแบบไม่ต่อเนื่องทำให้น้ำหนักไม่ลดเท่าที่ควร การมีน้ำหนักตัวเพิ่มทำให้มีดัชนีมวลกายเพิ่มจากก่อนทดลอง ในกลุ่มทดลองมีน้ำหนักตัวลดลงภายหลังจากการฝึก ดังที่ Andrew and Nuala (2004) ได้กล่าวว่า กิจกรรมทางกายที่มีการเคลื่อนไหวของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการเผาผลาญพลังงาน การควบคุมน้ำหนัก โดยมีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย ทำให้ มวลของส่วนที่ปราศจากไขมัน และส่วนที่มีไขมัน ลดน้อยลง และเพิ่มการเผาผลาญพลังงานมากขึ้น ทำให้น้ำหนักตัวลดลงส่งผลทำให้ดัชนีมวลกายมีค่าลดลง

สอดคล้องกับการศึกษาของ Nieman *et al*. (2002) พบว่า เดินออกกำลังกาย 30-45 นาทีต่อวัน 3-5 วันต่อสัปดาห์ ความหนักที่ระดับ 60-80 %HRmax เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ทำให้น้ำหนักตัวเฉลี่ยลดลง 1 kg ดัชนีมวลกายลดลง ดัชนีมวลกายของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน เนื่องมาจากในกลุ่มคนอ้วนอัตราการลดลงของน้ำหนักตัวจะลดลงได้ช้า เนื่องจากระบบการเผาผลาญมีประสิทธิภาพลดลง ทำให้เมื่อออกกำลังกายจะเห็นผลไม่ชัดเจนเหมือนคนทั่วไป นอกจากนั้นความถี่ในการออกกำลังกาย 3 วันต่อสัปดาห์ นาน 3 เดือน ยังน้อยเกินไปที่จะพัฒนาในด้านดัชนีมวลกาย ดังนั้นควรเพิ่ม เป็น 5-6 วันต่อสัปดาห์ นานมากกว่า 3 เดือน เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้จำกัดในเรื่องของเวลา และไม่มีการควบคุมอาหาร ทำให้ผลการออกกำลังกายแบบวงจรบนบกและในน้ำในครั้งนี้ทำให้ค่าดัชนีมวลกายผลออกมาไม่แตกต่างกัน

ดังที่ Phillips *et al.* (1996) กล่าวว่า การฝึกซ้อมด้านความอดทนเป็นเวลานานร่างกายจะเพิ่มความสามารถในการใช้ไขมันเป็นพลังงานเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ โดยทำให้การเผาผลาญกรดไขมันอิสระ และการเผาผลาญของไตรกลีเซอไรด์ภายในกล้ามเนื้อมากขึ้น คนที่ออกกำลังกายเป็นประจำจะทำให้องค์ประกอบของร่างกายอยู่ในระดับที่ต้องการ การออกกำลังกายที่เกี่ยวกับความอดทนทำให้น้ำหนักตัวลดลงและมีส่วนประกอบของร่างกายตามต้องการ ความบ่อยของการออกกำลังกายในการลดน้ำหนัก พบว่าถ้าออกกำลังกายสัปดาห์ละ 2 วัน ไม่ทำให้ส่วนประกอบของร่างกายเปลี่ยนแปลงไป ถ้าออกกำลังกาย 3 หรือ 4 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ จะทำให้องค์ประกอบร่างกายเปลี่ยนแปลงไป โดยถ้าออกกำลังกาย 4 ครั้งต่อสัปดาห์จะทำให้น้ำหนักตัว และความหนาไขมันลดลงมากกว่า การออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยทั่วไปเชื่อว่าการออกกำลังกายแต่ละครั้งควรใช้พลังงานอย่างน้อย 300 กิโลแคลอรี่ การออกกำลังกายด้วยความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดอาหารในคนอ้วนจะได้ผลดีกว่าการใช้การออกกำลังกายอย่างเดียว ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ไขมันในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากการออกกำลังกายแบบวงจรในน้ำและบนบก เป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่สามารถเพิ่มการเผาผลาญไขมัน และดึงไขมันส่วนเกินในร่างกายมาใช้ในขณะออกกำลังกาย สอดคล้องกับ American College of Sports Medicine (1990) กล่าวว่า การออกกำลังกายแบบวงจรประกอบไปด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การฝึกความอดทนของระบบหายใจไหลเวียนเลือด โดยมีการฝึกหลายสัปดาห์ ผลของการฝึกแบบวงจรสามารถพัฒนาสมรรถภาพด้านแอโรบิก และลดเปอร์เซ็นต์ไขมัน เพื่อการมีสุขภาพที่ดี และยังพัฒนาความสามารถสูงสุดของระบบแอโรบิกโดยสามารถเพิ่มระดับสมรรถภาพที่เคยต่ำให้สูงขึ้นได้ ดังที่ สมศรี (2537) ได้ศึกษา พบว่า ฝึกออกกำลังกายด้วยสเต็ปแอโรบิก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ วันละ 30-45 นาที ความหนัก 55-75% HRmax ในผู้หญิงอ้วนที่มีอายุ 30-40 ปี ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลง

เช่นเดียวกับการศึกษาของ ทองรัก (2547) พบว่า เมื่อออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำในผู้หญิงอ้วน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ วันละ 45 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ ความหนัก 60 %HRR ทำให้ดัชนีมวลกาย อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก เปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง ดังที่รุ่งทิพย์ (2538) ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิต ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเปอร์เซ็นต์ของไขมันในร่างกาย กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้หญิงที่มีอายุระหว่าง 31 – 50 ปี จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆละ 15 คน คือ กลุ่มควบคุมกับกลุ่มออกกำลังกายในน้ำโดยทำการฝึก 12 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆละ 50 นาที โดยกำหนดความหนักของงานอยู่ที่ 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ผลการวิจัย พบว่า การออกกำลังกายในน้ำทำให้ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลง และสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา แขน และหลัง เพิ่มขึ้นแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในต่างประเทศได้มีการศึกษาการออกกำลังกายควบคู่กับการใช้ยาเพื่อลดน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ดังการศึกษาของสอดคล้องกับ Irwin (2003) ได้ศึกษาการออกกำลังกายของผู้หญิงวัยหลังหมดประจำเดือนที่มีดัชนีมวลกายมากกว่า 25 ม²/กก. โดยการเดินและปั่นจักรยาน ใช้เวลาในการออกกำลังกาย 136 – 195 นาทีต่อสัปดาห์ สามารถลดเปอร์เซ็นต์ไขมันได้ 2.4 % จากการวิจัยพบว่าการออกกำลังกายแบบวงจรบนบกและในน้ำสามารถช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายในผู้หญิงอ้วนได้

จากการวิจัยพบว่าสัดส่วนของร่างกายภายหลังการได้รับการฝึกแบบวงจรบกบนและในน้ำ 12 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงในด้านของ เส้นรอบวงต้นแขน เส้นรอบวงเอว เนื่องจากกลุ่มที่ได้รับการฝึกมีการเคลื่อนไหวของแขน ในขณะออกกำลังกายทำให้กล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวมีการเผาผลาญพลังงานมากกว่าปกติทำให้ไขมันบริเวณต้นแขนลดลง มีผลทำให้เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอมีค่าลดลง มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก ในด้านของเส้นรอบเอวระหว่างกลุ่มควบคุม มีการเพิ่มขึ้นเนื่องจากไม่ได้ออกกำลังกาย กลุ่มทดลองที่1 และกลุ่มทดลองที่ 2 การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอในคนอ้วน ถึงแม้ว่าการออกกำลังกายจะไม่ทำให้น้ำหนักตัวลดลงแต่จะช่วยควบคุมน้ำหนักตัวไม่ให้เพิ่มขึ้น (Miller, 1997) ทำให้สัดส่วนของไขมันลดลงโดยเฉพาะไขมันที่หน้าท้อง จากการวิจัยพบว่าการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำ ทำให้เส้นรอบวงเอวมีค่าลดลงเนื่องมาจากขณะออกกำลังกายสะโพกและเอวมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ทำให้ไขมันที่สะสมถูกนำมาใช้ทำให้ไขมันที่สะสมลดลง ดังที่ Katie *et al* .(2004) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบวงจร ผลการวิจัยพบว่า การฝึกแบบวงจรช่วยลดไขมันหน้าท้อง และลำตัว มีความแตกต่างในการพัฒนาสมรรถภาพและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในกลุ่มคนอ้วน เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

การฝึกแบบวงจรยังช่วยพัฒนา ระบบความสามารถในการทำงานของร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบของร่างกาย ดังที่ Cris *et al* .(2006) ทำการศึกษาปริมาณการออกกำลังกายที่มีต่อน้ำหนักตัว องค์ประกอบ ของร่างกายในคนอ้วนลงพุง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายและหญิง ที่มีน้ำหนักตัวเกิน อายุ 40 – 65 ปี ผลการทดลองพบว่า ในกลุ่มที่ทำการฝึกด้วยความหนักมากมีการลดลงของน้ำหนักที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านน้ำหนักตัว และมวลของไขมัน มากกว่าในกลุ่มที่ออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำถึงกลาง และกลุ่มที่ออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำถึงสูง กลุ่มที่ออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำมีความแตกต่างมากในการควบคุมน้ำหนัก เปรียบเทียบการออกกำลังกายทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างในการลดหน้าท้อง เอว และความกว้างรอบสะโพก ดังที่ Chatfield (1991) ได้ทำการศึกษาผลของการเต้นแอโรบิกบนบกและการเต้นแอโรบิกในน้ำต่อองค์ประกอบร่างกาย และการวัดเส้นรอบวงของผู้หญิง อายุ 18 – 33 ปี ผลการวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งองค์ประกอบของร่างกาย และ เส้นรอบวงทั้ง 3 กลุ่ม แต่มีแนวโน้มที่สามารถพัฒนาองค์ประกอบร่างกาย และเส้นรอบวงสะโพกและเอวของผู้หญิง ให้ดีขึ้น จากการวิจัยพบว่าการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำช่วยในการลดไขมันส่วนเกินบริเวณรอบเอวในคนอ้วน ในส่วนของเส้นรอบวงสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง และเส้นรอบวงเอวต่อรอบสะโพก พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีการลดลงในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มมากกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากขณะออกกำลังกายมีการดึงเอาไขมันที่สะสมในกล้ามเนื้อมาใช้เป็นพลังงานในขณะออกกำลังกาย ดังที่ เจริญ (2549) ได้กล่าวว่า การเดิน และการออกกำลังกาย ส่งผลต่อกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องหรือใช้ในการเคลื่อนไหวโดยตรง ได้แก่ กล้ามเนื้อต้นขาและสะโพก กล้ามเนื้อน่อง กล้ามเนื้อหน้าแข้งได้รับการพัฒนาด้านความแข็งแรงอดทนเพิ่มขึ้น รวมทั้งกล้ามเนื้อหัวไหล่ ต้นแขนและลำตัวด้วยและการเดินส่งผลต่อขบวนการ เผาผลาญพลังงานของร่างกาย ร่างกายใช้ไขมันเป็นพลังงานเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ ทำให้รูปร่างกระชับแลดูได้สัดส่วน การฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำเป็นรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกทำให้ไขมันถูกนำมาใช้เป็นพลังงาน จากการวิจัยพบว่าเส้นรอบวงขาท่อนบนมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ภายหลังการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำ เนื่องจากโปรแกรมการฝึกมีการเคลื่อนไหวของสะโพก ต้นขา ทำให้กล้ามเนื้อมีการดึงพลังงานไปใช้ ตลอดจนคนอ้วนไขมันมักจะสะสมบริเวณต้นขามาก เมื่อออกกำลังกายจึงทำให้ไขมันในส่วนนี้ลดลง ดังนั้นการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการฝึกในผู้หญิงอ้วนที่ต้องการลดไขมันส่วนเกินบริเวณต้นขา จากการวิจัยพบว่าเส้นรอบวงน่องของกลุ่มทดลองลดลงไม่มาก เนื่องมาจากโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อน่องมีการทำงานน้อยกว่ากล้ามเนื้อส่วนอื่น และที่สำคัญกล้ามเนื้อน่องมีไขมันสะสมอยู่น้อยส่วนใหญ่เป็นกล้ามเนื้อ ทำให้ไขมันบริเวณน่องลดลงน้อย

การวิจัยในครั้งนี้พบว่าการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำทำให้กล้ามเนื้อน่องในกลุ่มทดลองลดลงเพียงเล็กน้อย แต่ทำให้กล้ามเนื้อน่องแข็งแรงและกระชับขึ้น จากการวิจัยพบว่าเส้นรอบวงเอว และเส้นรอบวงสะโพกมีค่าลดลง เนื่องจากขณะออกกำลังกายมีการเคลื่อนไหวเอว และสะโพกทำให้ไขมันที่สะสมถูกนำมาใช้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Schmidt *et al*. (2001) พบว่า การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง 30 นาทีต่อวัน ในผู้หญิงที่มีน้ำหนักตัวเกิน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำให้น้ำหนักลดลง ค่าดัชนีมวลกายลดลง เส้นรอบเอวและเส้นรอบสะโพกลดลง สำหรับการออกกำลังกายที่ใช้ความอดทน จะทำให้ความสามารถของกล้ามเนื้อในการเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อเก็บไตรกลีเซอร์ไรด์ไว้มากขึ้น เพิ่มอัตราการปล่อยกรดไขมันของกล้ามเนื้อ คือ ไขมันถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น เพิ่มการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในการขนส่งและสลายกรดไขมัน (ชูศักดิ์และกันยา, 2536; พิชิต, 2535) ทำให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน เส้นรอบเอว เส้นรอบสะโพก อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพกลดลง

สรุปการวิจัยในครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่ฝึกแบบวงจรในน้ำทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว อัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบวงสะโพก มีค่าลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ฝึกแบบวงจรบนบก เราสามารถนำการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบก มาใช้ในออกกำลังกายเพื่อควบคุมน้ำหนัก และทำให้ค่าองค์ประกอบในส่วนต่างๆในกลุ่มผู้หญิงอ้วนมีการพัฒนาขึ้น

การเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต

จากการวิจัยพบว่าการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำทำให้อัตราการเผาผลาญไขมันในกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นใน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 %HRR 30%HRR 40 %HRR 50 %HRR และ 60%HRR มากกว่าในกลุ่มควบคุม เนื่องจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ใช้ในการฝึกในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นความหนักระดับต่ำส่งผลให้อัตราการเผาผลาญไขมันมีค่าสูงขึ้นในผู้หญิงอ้วน สอดคล้องกับ Dorien (2002) ได้ศึกษาพบว่าการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่ำในกลุ่มคนอ้วนมีอัตราการเผาผลาญไขมันเพิ่มมากขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกาย เนื่องจากภายหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกทำให้ร่างกายมีการนำออกซิเจนมาใช้ได้มากขึ้น มีผลทำให้ร่างกายสามารถเผาผลาญพลังงานได้มากโดยเฉพาะการดึงไกลโครเจนในกล้ามเนื้อ กลูโคสในกระแสเลือด กรดไขมันอิสระ มาใช้ในขบวนการเผาผลาญพลังงานในชั้นไมโทรคอนเดรียสามารถทำได้ดีขึ้น (Howley, 1992)

ในการวิจัยในครั้งนี้พบว่าการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องอัตราการเผาผลาญไขมันเพราะการฝึกทั้งสองรูปแบบเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ทำให้มีอัตราการเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้นในทั้งขณะพักและออกกำลังกาย ในส่วนของการฝึกแบบวงจรในน้ำมีผลทำให้อัตราการเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้น และพบปัญหาการบาดเจ็บภายหลังการออกกำลังกายได้น้อย ดังที่ สุริยา(2538) กล่าวว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านของน้ำสามารถพัฒนาความอดทนในการทำงานของหัวใจระบบไหลเวียนโลหิต เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย ความอ่อนตัวของข้อต่อและเพิ่ม การเผาผลาญพลังงาน นอกจากนี้ความหนักที่ใช้ในการฝึกยังส่งผลต่ออัตราการเผาผลาญไขมัน โดยพบว่าการฝึกที่ใช้ความหนักระดับต่ำในคนอ้วนทำให้อัตราการเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้นมากกว่า การฝึกที่ใช้ความหนักระดับสูง ดังที่ Dorien *et al.* (2001) ได้ศึกษาการฝึกออกกำลังกายในระดับความหนักต่ำ ที่มีผลต่อการเผาผลาญไขมัน ในผู้หญิงอ้วน โดยศึกษาการเผาผลาญไขมันในร่างกายในส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย ในผู้หญิงอ้วน ออกกำลังกายที่ความหนัก 40 % ของการจับออกซิเจนสูงสุด ทำการฝึก 12 สัปดาห์ 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ในกลุ่ม ที่อ้วนส่วนบนและส่วนล่าง ในช่วงการออกกำลังกาย การสลายไขมัน เพิ่มในกลุ่ม อ้วนส่วนบน 19 % แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนปราศจากไขมัน ไขมันอิสระในเลือด สรุป การออกกำลังที่ระดับความหนักเบาสามารถเพิ่มการสลายไขมัน ที่ใช้ในขณะออกกำลังกายและเผาผลาญพลังงานในผู้หญิงอ้วน ดังที่ Hawley *et al.* (1998) กล่าวว่า การออกกำลังกายที่ความหนักระดับเบาถึงปานกลาง (25 - 65 % VO_2max) จะมีอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) ที่มาก ในทางตรงข้ามถ้าออกกำลังกายระดับความหนักที่สูง (70 - 80 % VO_2max) จะมีอัตราการเผาผลาญไขมันลดลง เพิ่มอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตมากขึ้นตามความหนักที่เพิ่ม จากการวิจัยในครั้งนี้ความหนักที่ใช้ในการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำเป็นความหนักระดับต่ำ (40-50 % HRR) ซึ่งภายหลังจากการฝึกพบว่าอัตราการเผาผลาญไขมันในกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าโปรแกรมการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำที่ระดับความหนักต่ำทำให้ค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 %HRR 30%HRR 40 %HRR 50 %HRR และ 60%HRR มีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย และองค์ประกอบของร่างกายมีการพัฒนาขึ้น และในส่วนของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ในกลุ่มฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำมีจะมีค่าลดลงกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากภายหลังการออกกำลังกายร่างกายมีการพัฒนาการใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญพลังงาน ร่างกายจึงมีการดึงไขมันในร่างกายมาใช้ได้มากกว่าคาร์โบไฮเดรต เพราะมีลดการดึงไกลโครเจนในกล้ามเนื้อที่เป็นแหล่งสะสมพลังงานสำรอง และกลูโคสในกระแสเลือดมาใช้ได้น้อย ทำให้อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตจึงมีค่าน้อยลง เนื่องจากแปรผกผันกับอัตราการเผาผลาญไขมัน (Howley, 1992) สอดคล้องกับ

Wilmore (1994) กล่าวว่า ขณะออกกำลังกายร่างกายต้องการออกซิเจนในการเผาผลาญไขมันมากกว่าการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต หลังออกกำลังกายจึงส่งผลให้ร่างกายนำออกซิเจนมาใช้ในการเผาผลาญไขมันได้ดี จึงจำกัดการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตให้น้อยลง โดยไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระที่สะสมในเนื้อเยื่อ จะถูกขนส่งผ่านกระแสเลือด และถูกนำมาใช้เป็นพลังงานได้ดี ในการวิจัยในครั้งนี้พบว่าขณะที่ออกกำลังกายในความหนักระดับสูงค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตมีค่าสูงขึ้น สอดคล้องกับ Maffeis *et al.*(2004) ทำการศึกษาการประเมิน อัตราสัดส่วนของการเผาผลาญสารอาหาร ในช่วงการเดินที่ความเร็วต่างกัน ในเด็กผู้ชายอ้วน ผลการวิจัยการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate oxidation) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อัตราส่วนของไขมัน กับการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดเมื่อเดินด้วยความเร็ว 4 กม./ชม. การออกกำลังกายที่ความหนักระดับกลางทำให้อัตราการเผาผลาญไขมัน ต่อ การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต สูงที่สุด การเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายไม่ได้ทำให้อัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation) เพิ่ม ดังที่ Romijn *et al* .(2000) ทำการศึกษาการเผาผลาญพลังงานเมื่อใช้ความหนักในการฝึกแตกต่างกันในผู้หญิงที่ฝึกความอดทนพบว่า ระดับของการใช้ กลูโคส เพิ่มขึ้นสำพันธ์กับความหนักในการออกกำลังกาย ตรงข้ามกับระดับกรดไขมันอิสระ เพิ่มขึ้นเมื่อออกกำลังกายระดับต่ำและปานกลาง ส่วนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต เพิ่มตามความหนักในการออกกำลังกาย

สรุปจากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าโปรแกรมการฝึกแบบวงจรบนบกและในน้ำทำให้อัตราการเผาผลาญไขมันในกลุ่มผู้หญิงอ้วนมีค่าพัฒนาขึ้น ภายหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิก ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของไมโตรคอนเดรียในกล้ามเนื้อ มีผลทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้ดีขึ้นและดึงไขมัน และคาร์โบไฮเดรตมาใช้เป็นพลังงานได้เพิ่มขึ้น โดยมีการเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร่างกายมีการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตน้อยลง เนื่องจากมีการสะสมไกลโครเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น และลดการผลิตกรดแลกติก ทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้นานขึ้นโดยใช้ไขมันเป็นพลังงานได้นานขึ้น ก่อนที่จะเปลี่ยนมาใช้คาร์โบไฮเดรต การออกกำลังกายแบบวงจรบนบกและในน้ำจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการออกกำลังกายในคนอ้วน โดยสามารถเลือกออกกำลังกายได้ตามความสนใจ และความพร้อมของร่างกายของผู้ฝึกแต่ละคน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างกันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกิน และการทดลองที่ 2 ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำ และบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน โดยออกกำลังกายด้วยการฝึกแบบวงจรในน้ำ และบนบก 5 สถานี ระยะเวลาในการฝึก 64 - 74 นาที ที่ระดับความหนัก 40-50 %HRR ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยทั้ง 2 การทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรเพศหญิง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนจังหวัดนครปฐม ที่ได้มาโดยอาสาสมัคร จำนวน 30 คนอายุระหว่าง 40 – 49 ปี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

การทดลองที่ 1

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (CHO oxidation rate) ในแต่ละระดับความหนักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทดสอบความแตกต่างระหว่างระดับความหนักต่างกันเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการของ Tukey พบว่าการออกกำลังกาย ที่ความหนักต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นการออกกำลังที่ระดับความหนัก 20 กับ 30 %HRR และ 50 กับ 60 %HRR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุป จากการทดลองที่ 1 พบว่าความหนักในการออกกำลังกายมีผลต่ออัตราการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน โดยพบว่าที่ระดับความหนักในการออกกำลังกายระดับต่ำ (30-35 % HRR) มีอัตราการเผาผลาญไขมันได้มากที่สุด เมื่อเพิ่มระดับความหนักขึ้น จะพบว่าอัตราการเผาผลาญไขมันจะลดลง มีอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ดังนั้นการกำหนดความหนักในการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มอัตราการเผาผลาญไขมันและลดไขมันในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกินอายุ 40-49 ปี ซึ่งเป็นบุคลากรที่ทำงานในมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ควรออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำ ระยะเวลาในการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของร่างกายของแต่ละคน

การทดลองที่ 2

จากการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย และการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นบุคลากรเพศหญิงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้มาโดยอาสาสมัครจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 40 – 49 ปี โดยทำการจัดเข้ากลุ่มโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน กลุ่มควบคุมปฏิบัติกิจวัติประจำวันตามปกติ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบวงจรในน้ำ 5 สถานี และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบวงจรบนบก 5 สถานี โดยทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบของร่างกายที่ประกอบด้วย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว เส้นรอบสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก อัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่า อัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ60 % HRR ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่ต่างกัน พบว่า น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว เส้นรอบวงสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว เส้นรอบวงสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่ในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายมากที่สุด และพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่าค่าอัตราการเผาผลาญไขมันขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามลำดับยกเว้นขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลภายหลังทำการทดลอง 12 สัปดาห์ ตามโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่าน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีน้ำหนักตัวลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่น้ำหนักตัวกลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พบว่า ค่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเส้นรอบวงต้นแขนขณะงอลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

พบว่า ค่าเส้นรอบวงเอว ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงเอว ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

พบว่า เส้นรอบวงขาท่อนบนระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงขาท่อนบน ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

พบว่า เส้นรอบวงน่อง ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเส้นรอบวงน่องลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

พบว่า อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าค่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะยืนพักขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1. ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงเอว เส้นรอบวงสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง อัตราส่วนรอบวงเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม พบว่า น้ำหนัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR และ 60 % HRR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของ อัตราการเผาผลาญไขมัน และพบว่า ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 60 % HRR ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มควบคุมมีการลดลงของอัตราการเผาผลาญไขมัน

ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 ขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้น อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม ดังนี้

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายในกลุ่มควบคุม เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม พบว่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มควบคุมมีการลดลงของอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงสะโพก เส้นรอบวงขาท่อนบน เส้นรอบวงน่อง อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มควบคุม พบว่า น้ำหนัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของน้ำหนักตัว ยกเว้นเส้นรอบวงเอว ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .05 ดังนี้ ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มทดลองที่ 1 มีการลดลงของอัตราส่วนเส้นรอบวงเอว

ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า อัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR และ 60% HRR อัตราการเผาผลาญไขมันก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นขณะยืนพัก และขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % HRR ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะยืนพัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 30 % HRR ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เส้นรอบวงต้นแขนขณะงอ เส้นรอบวงสะโพก เส้นรอบวงน่อง อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อรอบสะโพก ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลง ยกเว้นเส้นรอบวงเอว ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้ ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มทดลองที่ 2 มีการลดลงของ อัตราส่วนเส้นรอบวงเอว

ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่าอัตราการเผาผลาญไขมันขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า อัตราการเผาผลาญไขมัน ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR และ 60 % HRR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR และ 60 % HRR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำการฝึกที่ระยะเวลาต่างกัน อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะยืนพัก ขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 20 % HRR 30 % HRR 40 % HRR 50 % HRR และ 60 % HRR ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และการทดลองสัปดาห์ที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตขณะยืนพัก ก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีการลดลงของ อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัยครั้งนี้

1. ก่อนการทดสอบการเดินบนลู่กล ควรให้ผู้ทดสอบมีการทดลองสวมหน้ากาก เพื่อให้เคยชิน เพื่อลดความตื่นเต้นในช่วงของการออกกำลังกายขณะทดสอบ

2. ควรมีการบันทึกจำนวนก้าว ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ก่อนที่จะมาเข้ารับการฝึกในแต่ละวัน และบันทึกจำนวนก้าวในวันที่กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รับการฝึก เพื่อใช้ในการประเมินการออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่าง

3. ควรมีการบันทึกการรับประทานอาหารในแต่ละวันของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อมาใช้ในการประเมินพลังงานในแต่ละวัน และควรมีการแนะนำการรับประทานอาหารให้กับกลุ่มตัวอย่างเมื่อพบว่าน้ำหนักตัวมีการเพิ่มขึ้นในขณะที่ได้รับการฝึก

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกออกกำลังกายในระดับความหนักระดับต่ำ (30 - 35 %HRR) เพื่อดูการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรตในผู้หญิงน้ำหนักตัวเกินอายุ 40-49 ปี เพื่อศึกษาดูผลที่เกิดขึ้นหลังจากการได้รับการฝึก

2. ควรมีการเพิ่มระยะเวลาในการฝึกให้มากกว่า 12 สัปดาห์เพื่อให้เห็นผลชัดเจนยิ่งขึ้น และจำนวนวันในการฝึกมากกว่า 3 วันต่อสัปดาห์

3. ควรมีการศึกษาการออกกำลังกายแบบวงจร และการออกกำลังแอโรบิกในรูปแบบอื่นที่มีผลต่อองค์ประกอบทางกายและอัตราการเผาผลาญไขมันในกลุ่มเด็กอ้วน และผู้ชายอ้วน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กำพล ศรีวัฒนกุล. 2543. **อ้วนไขมัน** . สยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด, กรุงเทพฯ.

ไกรสิทธิ์ ตันติศิรินทร์. 2536. **การพัฒนาคุณภาพของคนไทยเพื่อความมั่นคงของชาติด้านโภชนาการเอกสารวิจัยส่วนบุคคล**.วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร หลักสูตรป้องกันราชอาณาจักรรุ่นที่ 36, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการกรมอนามัย. 2549. **รายงานสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประชาชนไทย ครั้งที่ 5** , กรุงเทพฯ.

เจริญ กระบวนรัตน์. 2549. **สุขภาพดี...ง่ายนิดเดียว.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.), กรุงเทพฯ.

เจษฎา เจียระไน. 2530. **โค้ช**. ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, กรุงเทพฯ.

ชิตพงษ์ ไชยวสุ , อำพร ฉายศิริ ,กาญจนา รุ่งตรานนท์ ,นุสนธ์ กลัดเจริญ ,ชื่นฤดี ไชยวสุ และ สุบงกช จามีกร. 2528. **แอโรบิคด๊านซ์ กายบริหารเพื่อสุขภาพ**. โรงพิมพ์ไทยอักษร , กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. 2536. **สรีรวิทยาการออกกำลังกาย** . ธรรมกมลการพิมพ์ , กรุงเทพฯ.

ดำรง กิจกุศล. 2535. **การออกกำลังกาย** . โครงการตำราศิริราช , กรุงเทพฯ.

ทองรัก บุญเสม. 2547. **ผลของการเต้นแอโรบิคแบบแรงกระแทกต่ำที่มีต่อระดับซีรีแอคทีฟโปรตีนในสตรีอ้วนวัยหลังหมดประจำเดือน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญเรียง ขจรศิลป์. 2545. **สถิติวิจัย 1**. พิมพ์ครั้งที่ 8. หจก. พี.เอ็น. การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2547. **การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลในการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 10-12**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เอส. พี. เอ็น. การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ

ประทุม ม่วงมี. 2527. **รากฐานทางสรีรวิทยาการออกกำลังกายและพลศึกษา (วิทยาศาสตร์การกีฬา)**. บูรพาสาส์น, กรุงเทพฯ.

พิชิต ภูติจันทร์. 2535. **เวชศาสตร์การกีฬา** . โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์ , กรุงเทพฯ.

พนมพร พันธุ์สมบัติ . 2544 . **ผลของการฝึกแบบสถานีที่มีต่อสมรรถภาพทางกลไกของนักเรียนชาย ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6** .วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พันทิพา สินรัชตานันท์. 2537. **การออกกำลังกายในน้ำ**. สารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา, กรุงเทพฯ.

พรฑิตา ชัยอำนวย . 2545 . **แนวทางการป้องกันและรักษาโรคอ้วนในประชากรไทย** . เอกสารวิจัยส่วนบุคคลระดับดีเด่นในลักษณะวิชาสังคมจิตวิทยา หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ 43 **,** กรุงเทพฯ.

พลพักษ์ คนหาญ . 2538 . **ผลการฝึกแบบวงจรที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนคำบกวิทยาคาร จังหวัดมุกดาหาร** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ราชวิทยาลัยอายุรแพทย์แห่งประเทศไทย. 2544 **. แนวทางในการวินิจฉัยและรักษาโรคอ้วน**. ใน : วิทยา ศรีดามา,บรรณาธิการ. โครงการตำราจุฬาอายุรศาสตร์ ฉบับที่ 18.พิมพ์ครั้งที่ 13. ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ.

ราตรี เรืองไทย . 2549. **เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชา 183512 การทดสอบสมรรถภาพทางกายและการฝึกทางกายเรื่อง การวัดองค์ประกอบของร่างกาย** . คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.

รุจิรา สัมมะสุต. 2544 . **โภชนาการผู้สูงอายุ**. นิตยสารใกล้หมอ ; 24 (6)

รุ่งทิพย์ สุยะเสียน. 2538 . **ผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของหญิงกลางคน** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต . จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ .

รัตนาวดี ณ นคร. 2549. **การออกกำลังในคนอ้วน** . เอกสารประกอบการบรรยาย : สรีรวิทยาวิทยาในการออกกำลังกาย . กีฬาและสุขภาพ , กรุงเทพฯ.

วนิดา ศรีสุข . 2539. **ผลของการฝึกแบบหมุนเวียนในน้ำและบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดชลบุรี** .วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ.

วิชัย ตันไพจิตร และ ปรียา ลีฬหกุล. 2537. สาเหตุและพยาธิสรีรวิทยาของโรคอ้วน. **โภชนศาสตร์คลินิก**, กรุงเทพฯ.

วรพงษ์ แย้มงาม เหลือ . 2531. **ความสัมพันธ์ของวิธีหาน้ำหนักตัวระหว่างวิธีของมอทท์กับวิธีของดีเอสบี ของนักศึกษามหาวิทยาลัย** . ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,กรุงเทพฯ.

สุพิตร สมาหิโต และ วัลลีย์ ภัทโรภาส .2532 . **กิจกรรมการเล่นกลางแจ้งระดับประถมศึกษา**. เลิฟแอนด์ลิฟเพรสการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สุริยา ณ นคร . 2538**. แนวทางใหม่ : การออกกำลังกายในน้ำยุคโลกาภิวัฒน์** . เอกสารประกอบการบรรยายเชิงวิชาการ , กรุงเทพฯ.

_____. 2537. **เอกสารเผยแพร่การออกกำลังกายน้ำ**. บริษัทอะควาฟิตเนส จำกัด , กรุงเทพฯ.

สุดจิต เขียวอุไร . 2534 . **การศึกษาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายของนักเรียนอายุ 11-13 ปีในเขตกรุงเทพมหานคร** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศรี ปานพันธุ์โพธิ์ . 2537 . **ผลของการฝึกสเต็ปแอโรบิกที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด และส่วนประกอบของร่างกายในผู้หญิงอ้วน**, กรุงเทพฯ.

สนธยา สีละมาด . 2547 . **หลักการฝึกสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา** . สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ.

อนันต์ อัตชู . 2538 . **หลักการฝึกกีฬา** . ไทยวัฒนาพานิช , กรุงเทพฯ.

อดิสร คันธรส . 2530. **ผลของการฝึกแบบหมุนเวียนที่มีต่อความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายของผู้ชายสูงอายุ** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ.

อนงค์ ทองสกูล . 2542 . **เปรียบเทียบผลของการฝึกกระโดดไกลและการฝึกกระโดดไกลควบคู่กับการฝึกแบบวงจรที่มีต่อความสามารถในการกระโดดไกล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Achten ,J.,Venables, M.C .Jeakendrup A.E. 2003. Fat Oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities . **Metabolism .** : 52 :747 – 752.

Arborelius, M.U.I., Balldin , B. Linja and C.E.G. Lundgren . 1972 . Hemodynamic changes in man during immersion with head above water. **Aerospace Med**. 43:592-598.

Aree Kantachuvessiri. 2005. Obesity in thailand. **Journal Medicine Association Thai.** 88(4):554-562.

American Collage of SportsMedicine. 1990. The Recommended Quantity and of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness in Healthy Adults. **Med Sci Sports Exercise**. 22 : 265 – 274 .

_____ . 2000. **ACSM ’s Guiidelines for Exercise Testing and Prescription** . 6th ed. Mayfield Publishing Company, California.

Andrew ,P. Hills and Nuala,M . Byrne. 2004 . Physical Activity in the management of obesity . **J Appl Physiol**. Vol 99 . 22: 315-318.

Bjontorp, P. 1998 . The Associations Between Obesity , Adipose Tissue Distribution and Disease. **Acta Med Scand (Suppl)** .723 :p121-134 .

Blair, S.N., J.B. Kampert and H.W.Kohn . 1996. Influences of Cardiorespiratory Fitness and Other Precursors on Cardiovascular Disease and All Cause Mortally in Men and Woman .**JAMA .** 276 : 205-210 .

Berkowitz , R.I. 1997. Obesity in childhood and adolescence . In walker ,W.A., and Watkins ,J.B. (Eds.) . **Nutrition in Pediatries Basic Science and Clinical Application** , (716 –723) . Third edition .London .

Bonchard,C. 2001. Physical Activity and Health : Introduction to The Dose Response Symposium. **Med Sci Sports Exerc**. 33 : 347-50.

Borg GAV, Jacobs I., Ceci and R., Kaiser P. 1983. **Med Sci Sports Exerc**. 15:523-528.

Brandou,F., Dumortier, M.Garandeau ,P. Mercier, J. Brun, JF. 2003. Effects of a two months rehabilitation program on substrate utilization during ex. **Diabetes Metab**. 29:20-7.

_____ , F. AM Savy Pacaux , J. Marie, M. Bauloz, I Maret Fleuret, S Borrocoso, J. Mercier and and J.F. Brun . 2005. Impact of high – and low-intensity targeted exercise training on the type of substrate utilization in obese boys submitted to a hypocaloric diet . **Diabetes Metab** . 31:327-335.

Brooks , GA and Mercier, J. 1994. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise : the " crossover " concept. **J Appl Physiol**. 76,2253-61.

Brouns, F. 1998. The effect of different rehydration drinks on post-exercise Electrolyte excretion in trained athletes. **In J Sports Med** . 19:56.

Brozek, J. and A. Hanschel. 1961. **Techniques for Measuring Body Composition** . Wachington ,D.C: National Academy of Science ,National Research Center .

Carlon , M., Colker , Douglass, Kalman, Georgean C.Torina ,Theresa Perlis and Chris Street . 1998 . Effects of Citrus aurantium Extract , Caffeine ,and St. John s Wort on Body Fat Loss ,Lipid Levels and Mood States in Overweight Healthy Adults. **Current Therapeutic Research** 60 (3) :145-153.

Chatfield ,E. J. 1991. **Determination of asbestos in resilient floor tile. Chatfield Technical Consulting Limited - Standard Operating Procedure** .SOP 1988-02 Rev.03. Mississauga, Ontario.

Claudia Ranneries., Jens Bulow ., Benjamin Buemann ., Niels Juel Christensen ., Joop Madsen , and Arne Astrup. 1998. Fat metabolism in Formerly Obese Woman . **Am. J Physiol** .274 : E155-161.

Cris, A., Slentz . Brain , D. Duscha , MS. Johanna, L. Johnson , MS. Kevin Ketchum, Lori B. Aiken ,Gregory , P. Samsa , Joseph A Houmard , Connie W. Bales , William , E. Kraus. 2004. Effect of the Amount of exercise on body composition and measures of central obesity . **Arch Intern Med** . 164: 31-39.

Despres, P. Pouliot . , MC. Moorjani, S. 1991 . Loss of abdominal fat and metabolic response to exercise training obese women. **Am J Physiol** . 261:E159-E167.

_____ , JP. L . 1994 . Exercise physique dans le traitement de l obesite . **Can Nurt Diet** .5 , 299-304 .

Dietz , W.H. , and Robinson ,T.N. 1993 . Assessment and treatment of childhood obesity . **Pediatrics in review** . 14 (9) , 337-344 .

Dorien, P.C. van ., Aggel leijssen . Wim ,H .Saris. Gabby, B.Hul,and Marleen , A.Van Baak . 2001. Long - Term Effects of Low – Intensity Exercise Training on Fat Metabolism in Weight Reduced Obese Men . **Metabolism** .51 (8) : 1003-1010.

_____ , Wim , H.M.Saris ,Anton, J.M. Wagenmakers , Joan , M.Senden and Marleen A.Van Baak. 2002 . Effect of Eexercise Training at Different Intensities on Fat Metabolism of Obese Men . **J Appl Physiol .** 92 : 1300-1309 .

Dumortier Alexis ., Anne Wilson, H. Robson MacDonald, Freddy Radtke. 2005. Paradigms of Notch Signaling in Mammals. **Int J Hematol** . 82:277-284.

Ellen ,E., Blaak, Gabby Hul, Camilla Verdich, Vladimir Stich, Alfredo Martinez, Martin Petersen,Edith F. M. Feskens, Kishor Patel, Ingalena . 2006 . Implications for Dietary Guidelines Fat Oxidation before and after a High Fat Load in theObese Insulin-Resistant State. **J Clin Endocrinol Metab** , 91(4):1462–1469.

Garrow , J.S. and C.D Summerbell . 1995 . Meta Analysis Effect of Exercise with or Without Dieting on The Body Composition of Overweight Subjects. **Eur J Clin Nutr** 49 : 1-10.

Goodpaster ,BH and Kelley,DE. Role of muscle in triglyceride metabolism. 1998. **Curr opin Lipidol** 9: 231-236 .

Howley , E.T. and B.D Franks. 1992. **Health Fitness Instructor Handbook Champaign ,** Illinois : Human kinetics Book .

_____ **,** Duncan GE, and Del Carral P . 1998. Optimum intensity of exercise for fat oxidation Med **Sci Sports Exercise** . 29: 199.

Huey ,L.and R. Forster . 1993 . **The Complete Waterpower Workout Book**. Random House, New York.

Hills , AP. And Byrne , NM. 1998 . Exercise Prescription for Weight Management . **Proc Nutr Soc**. 57 : 93 – 103 .

Jackson ,A.S. and M.L.Pollock . 1980 . Generalized Equation for Predicting Body Density for Woman . **Medicine and Science in Sports and Exercise** .12 : 175-182 .

James, O Hill ., Phillip ,B Sparling , Toni, W Shields and Patricia ,A Heller , R D . 1987 . Effects of Exercise and Food Restriction on Body Composition and Metabolic Rate in Obese Woman . **Am J Clin Nutr** .46 : 622 – 630 .

John ,P. Thyfault. Raymond ,M. Kraus. Robert , C. Hickner, Amy , W. Howell Robert , R. Wolfe and G. Lynis Dohm. 2004 . Impaired plasma fatty acid oxidation in extremely obese women . **Am J Physiol Endocrinol Metab** . 287:1076-1081.

Katie Watts ., Petra Beye , Aris Siafarikas,Elizabeth A.Davis , Timothy , W.Jones. Gerrard , O.Driscoll and Daniel. J.Green . 2004 . Exercise Training Normalizes Vascular Dysfunction and Improves Central Adiposity in Obese Adolescents, **Journal of the American College of Cardiology** . 43 (10) : 1823-1827 .

Krista ,A., Vrady ,Benoit Lamarche, Sylvia Santosa ,Isabelle Demonty ,Amelie Charest , Peter, J .H. Jones . 2006 . Effect of Weight Loss Resulting from a Combine Low Fat Diet /Exercise Regimen on Low Density Lipoprotein Particle Size and Distribution in Obese Woman . **Metabolism Clinical and Experimental** . 55 : 1302-1307.

Kristiansen, S. , Gade , J . Wojtaszewski , JF . Keins, B. Richer , EA . 2000 . Glucose uptake is increased in trained vs untrained muscle during heavy exercise **. J.Appl Physiol** 89:1151-1158 .

Klesges ,R.B.,Stein ,R.J.,R.J.,Eck,L.H.,Isbell,T.R. and Klesges ,L.M. 1991. Parent Influence on Food Selection in Young Children and It is Relationship to Childhood Obesity . **American Journal of Clinical Nutrition** . 53 :859 – 864 .

Lazzer Stfano , Carlo Busti , Fiorenza Agosti Alessandra De Col , Renzo Pozzo and Alessandro Sartorio . 2007. Optimizing fat oxidation through exercise in severely obese Caucasian adolescents . **Journal Compilation** . Blackwell Publishing Ltd, Clinical Endocrinology. 67: 582-588.

McArdle ,W.D., Katch F.I, and Katch V.L. 1991. **Exercise Physiology : Energy,Nutrition and Human Performance**. Philadelphia, PA: Lea & Febiger.

McGilvery, RW ., Goldstein GW. 1983. **Biochemistry : A function approach Philadelphia** : Saunders. 810 – 976 .

McGarry , J.D., K.F. Woeltje, M.Kuwajima, and D.W. Foster . 1989. Requlation of ketogenessis and the renaissance of carnitine palmitoyl transferase . **Diabetes Metab**.Rev.5: 271-284.

Maffeis,C ., Zaffanello M., Pellegrino M., Bogoni G.,E.Viviani V, Ferran M. and Tato L. 2004 .Nutrient Oxidation During Moderately Intense Exercise in Obese Prepubertal Boys , **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism** 90 (1) : 231-236 .

Michelle, C., Venables, Juul Achten, and Asker E. Jeukendrup. 2004 . Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. **J Appl Physiol** . 98: 160–167.

Miller ,W.,Koceja D,Hammilton E.A . 1997. Meta –Analysis of The Past 25 Years of Weight Loss Research Using Diet ,Exercise or Diet Plus Exercise Intervention . **Int J Obes**. 21:941-947.

Mouglos,V., Kazaki ,M. Christoulas ,K. Ziogas G.,Petridou A. 2005. Does the Intensity of an Execise Programme Modulate Body Composition Changes .**Int J Sports med** . 27 : 178-181.

National Institutes of Health . 1998. Clinical guidelines on the identification , evaluation , and treatment of overweight and obesity in adults . **NIH Publication** . 98- 4083.

Nieman, D.C., D.W. Brock., D. Butterworth, A.C. Utter and C.C. Nieman. 2002 . Reducing Diet and or Exercise Training Decreases the Lipid and Lipoprotein Risk Factors of Moderately Obese Women. **Journal of the American College of Nutrition.** 21(4): 344-350.

Ozcelik. O,Dogan H and Kelestimur H. 2005. Effects of eight weeks of exercise training and orlistal therapy on body composition and maximal exercise capacity in obese females . **J Royal instiutute of public Health** .76-82.

Patricia. E. Mosher., Nash MS , Perry AC , LaPerriere AR and Goldberg RB . 1998. Aerobic circuit exercise training : effect on addescents with well – controlled insulin – dependent diabetes mellitus . **Arch Phys Med Rehabil** :79:652-7.

Peronner ,F., Massicote D. 1991. Table of nonprotein respiratory quotient : an update. **Can J Sport Sci** .16: 23-9.

Phillips SM, Green HJ, Tarnopolsky MA, Heigenhauser GF , Hill RE, and Grant CM. 1996. Effects of training duration on substrate turnover and oxidation during exercise. **J Appl Physiol** . 81:21.

Pollock , M.L.,J.H.Wilmore and S.M.Fox . 1984 . **Exercise in Health and Disease** . Philadelphia , Pennsylvania :W.B.Saunders Company.

Ranneries, Claudia, Jens Bu¨ low, Benjamin Buemann,Niels Juel Christensen, Joop Madsen, and ArneAstrup. 1998. Fat metabolism in formerly obese women. **Am. J.Physiol**.. 274 (Endocrinol. Metab. 37): E155–E161 .

Robergs,R.A. and S.O. Roberts. 1996. **Exercise Physiology: Exercise Performance and Clinical Application** . St.Louis,Missouri :Mosby-Year Book .

Ross ,R. and I. Jansrn. 2001. Physical Activity Total and Regional Obesity Dose Response Consideration . **Medicine Sport Exercise**. 33 (6) : 521 – 527 .

Romijn , J.A, Klein S, Coyle E.F , Sidossis Ls, and Wogen makers A.J. 1998. Volidation of the acetate recovery factor for correction of palmitate oxidation rates in humans . **J Physiol (Lond)** . 513: 215-223 .

_____ , Coyle ,E.F. Sidossis, L.S., Rosenbatt , J. and Wolfe ,R.R. 2000. Substrate Metabolism During Different Exercise Intensites in Endurance Trained Woman. **J Appl Physio** .88 :1707-1714 .

Saris ,WHM.,Blair S.N, and van Baak M.A . 2003. How Much Physical Activity is Enough to Prevent Unhealthy Weight Gain ? Outcome of The IASO 1 st Stock Conference and Consensus Statement . **Obes Rev** . 4 : 101 –114 .

Schmidt, I., Zart and D. & Bock, E. 2001. Effects of gaseous NO_2 on cells of Nitrosomonas eutropha previously incapable of using ammonia as an energy source. **Antonie van Leeuwenhoek** .79:39–47.

Slentz ,C.A. , Dus Cha ,B.D. Johnson , JL. Ketchum , K. Aiken , L.B. Samsa, G.P . Houmard, JA, Bales , C.W and Kraus, W.E. 2004 . Effect of the amount of exercise on body weight , body composition , and measures of central obesity : STRRIDE – a randomized controlled study . **Arch Intern Med** ;164 : 31-39 .

Sova , R., 1993 . Aquatic Exercise Boston : Jones and Bartlett Publishers ,Inc.Howell , S.B. 1998 . A comparison Between the Physiological : Effect of Water Versus Land Exercise for People. **Dissertation Abstracts International** .

Wedell , K. , Gunnevi Sundelin , Rune Lundgren ,Karin Henriksson and Britta Lindstrom. 2005. Muscle performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease – Effects of a physical training program . **Advances in Physiotherapy** .7(2) : 51-59.

Weinsier , R.L. , Hunter ,G.R and Desmond , R.A. 2002 . Free-living activity energy expenditure in woman successful and unsuccessful at maintaining a normal body weight. **Am J Clin Nurt** . 75:499-504 .

Wilder , RP and Brenham, DK. 1993 . Physiological responses to deep water running in athletes **Sports .Med** .16.374-80 .

Wilmore, J.H.and D.L.Costill. 1994. **Physical of Sport and Exercise** . Champaign,Illinois : Human Kinetics Books .

Wing , RR . , Hill , JO . 2001. Successful weight loss maintenance . **Annu Rev Nutr** ; 21 :323- 341.

World Health Organization . 1998. **Obesity** : Preventing and Managing the Global Epidemic .Report of A WHO Consullation on Obesity .WHO Technical Report Series .

_____ . 2000 .Obesity : Preventing and Managing the Global Epidemic . **Report of A WHO Consullation on Obesity** .WHO Technical Report Series .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจโปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบก 5 สถานี

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบโปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบก 5 สถานี

1. รศ.เจริญ กระบวนรัตน์	อาจารย์ประจำภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
2. ผศ.สนธยา สีละมาด	อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์
3. ผศ.ดร. ดรุณวรรณ สุขสม	หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา และสุขภาพ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. อาจารย์ชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล	นักพัฒนาการกีฬา 8 กลุ่มวิจัยและพัฒนา สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา
5. อาจารย์มาลา มันทะกะ	ครูสอนการออกกำลังกายในน้ำ บริษัทอะควาฟิตเนส สาธุประดิษฐ์ กรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบวงจรในน้ำและบนบก 5 สถานี

โปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบก 5 สถานี

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกมาใช้ฝึกในผู้หญิงอ้วนอายุ 40 – 49 ปี ประกอบด้วย 5 สถานี ซึ่งในแต่ละสถานีเป็นการออกกำลังกายรูปแบบแอโรบิกที่นิยมนำมาใช้ในการออกกำลังกาย เป็นกิจกรรมการออกกำลังกายที่ง่ายๆ ไม่ต้องใช้ทักษะ อุปกรณ์ในการฝึกมาก แต่ละสถานีห่างกัน 5 เมตร ใช้เวลาในการฝึกแต่ละสถานีประมาณ 4 - 5 นาที เวลาในการเปลี่ยนสถานี 15 วินาที โดยใช้การวิ่งเหยาะ หรือ เดินเร็ว เปลี่ยนสถานี พักระหว่างวงจร 2 นาที ทำทั้งหมด 2 วงจร ในสัปดาห์ที่ 1 - 6 ทำการฝึกสถานีละ 4 นาที และ สัปดาห์ 7 - 12 ทำการฝึกสถานีละ 5 นาที รวมเวลาที่ใช้ในการฝึกประมาณ 64 – 74 นาที ตามลำดับ ทุกกิจกรรม ควบคุมความหนักในการออกกำลังกายโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40- 50 เปอร์เซ็นต์ (40 - 50% HRR) โดยใช้ระยะเวลาในการฝึก 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน วันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลาในการฝึก 16.30 – 18.30 น. ดังตาราง

สัปดาห์การฝึก	วัน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	เวลา (นาที)
1-6	จันทร์ พุธ ศุกร์	1.เพื่อเตรียมสภาพร่างกายส่วนต่างๆ ให้ พร้อมก่อนได้รับโปรแกรมการฝึกตาม โปรแกรม 2.เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของผู้ฝึก 3.เพื่อปรับสภาพร่างกายให้กลับสู่สภาพปกติหลังออกกำลังกาย	1. อบอุ่นร่างกาย (warm up) และ ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 2. ขั้นฝึก(work out) ดำเนินการฝึกแบบวงจร 5 สถานี 3.ช่วงคลายอุ่น (cool-down) รวม	10 44 10 **64**
7 -12	จันทร์ พุธ ศุกร์	1.เพื่อเตรียมสภาพร่างกายส่วนต่างๆ ให้พร้อมก่อนได้รับโปรแกรมการฝึกตามโปรแกรม 2.เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของผู้ฝึก 3.เพื่อปรับสภาพร่างกายให้กลับสู่สภาพปกติหลังออกกำลังกาย	1. อบอุ่นร่างกาย (warm up) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 2. ขั้นฝึก(work out) ดำเนินการฝึกแบบวงจร 5 สถานี 3.ช่วงคลายอุ่น (cool-down) รวม	10 54 10 **74**

แบ่งการฝึกออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

<u>ช่วงที่ 1</u> ขั้นอบอุ่นร่างกาย (warm up) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

ช่วงนี้เป็นการเตรียมความพร้อมของร่างกาย ก่อนที่ได้รับการฝึก โดยทำการบริหารส่วนต่างๆของร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อ เอ็นและข้อต่อ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น และช่วยให้ร่างกายมีการปรับสภาพเตรียมพร้อมก่อนทำการฝึก การอบอุ่นร่างกายแบ่งเป็น

- เดิน 3 นาที (เตรียมความพร้อมของร่างกาย)
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 7 นาที

<u>ช่วงที่ 2</u> ช่วงการฝึก (work out) ใช้โปรแกรมการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่สร้างขึ้น 5 สถานี ดังนี้

สถานีที่ 1 การเดินหน้า-ถอยหลัง ระยะ 20 เมตร
สถานีที่ 2 การเต้นแอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 1
สถานีที่ 3 การก้าวขึ้นลงกล่อง
สถานีที่ 4 การเต้นแอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 2
สถานีที่ 5 การปั่นจักรยาน

ในการออกกำลังกายมีการคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายสามารถหาได้จากสมการของ Kavonen (1957) คือ

$$THR = [\%\ HRR \times (HRmax - HRrest)] + HRrest$$

โดย THR คือ อัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (ครั้งต่อนาที)
HRmax คือ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้งต่อนาที)
HRrest คือ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)
% HRR คือ เปอร์เซ็นต์ความหนักของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง

<u>ช่วงที่</u> 3 ช่วงคลายกล้ามเนื้อ (cool down)

ช่วงนี้เป็นช่วงให้ร่างกายมีการปรับสภาพเข้าสู่ภาวะปกติ ทำให้อัตราการเต้นของชีพจรลดลงใกล้เคียงกับก่อนออกกำลังกาย เพื่อขจัดของเสียต่างๆภายหลังการออกกำลังกาย ลดอาการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ โดยแบ่งเป็น

- เดิน 3 นาที (ปรับสภาพร่างกายให้กลับสู่ภาวะปกติหลังออกกำลังกาย)
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 7 นาที (ใช้ท่าชุดเดียวกับช่วงที่ 1)

<u>ช่วงที่</u> 1 ขั้นอบอุ่นร่างกาย (warm up) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching)

ก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกแบบวงจรทุกครั้ง ให้ผู้ฝึกทำการอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ โดยกลุ่มที่ฝึกแบบวงจรบนและในน้ำ ใช้ท่ายืดเหยียดชุดเดียวกัน ปฏิบัติพร้อมกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- เดิน 3 นาที (เตรียมความพร้อมร่างกาย)
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 7 นาที ประกอบด้วย

1. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อหัวไหล่ หน้าอก หลังส่วนบน และข้อมือ (Deltoids , Pectoralis, Latissimus dorsi and wrist flexors)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>: ยืนตรงเท้าทั้งสองข้างห่างกันเล็กน้อย ชูแขนสองข้างเหยียดตรงขึ้นเหนือศีรษะ นิ้วมือประสานกัน ค่อยๆเหยียดแขนขึ้นช้าๆ หงายฝ่ามือขึ้น ยืดจนรู้สึกตึงนิ่งค้างไว้ 15 วินาที

ภาพผนวกที่ ข1

2. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่และหน้าอก (Deltoids, Pectoralis)

วิธีปฏิบัติ : ยืนตรงเท้าแยกทั้งสองข้างห่างกันเล็กน้อย เหยียดแขนสองข้างไปทางด้านหลัง ประสานนิ้วมือหลวมๆ ค่อยๆยกแขนขึ้นช้าๆ จนถึงจังหวะที่รู้สึกตึงให้นิ่งค้างไว้ 15 วินาที

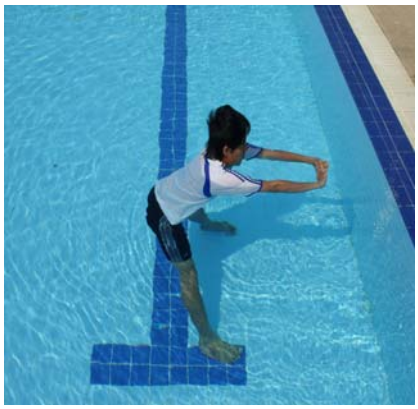
ภาพผนวกที่ ข2 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข2 (ข) ในน้ำ

3. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะบักด้านหลัง ต้นแขนด้านหลัง (Trapezius and Triceps Brachii)

วิธีปฏิบัติ: ยืนเท้าแยกห่างกันเล็กน้อย มือทั้งสองข้างประสานกันเหยียดตรงไปด้านหน้า ค่อยๆ ยกแขนขึ้นช้าๆให้ขนานกับพื้นโน้มตัวไปทางด้านหน้าเล็กน้อย จนรู้สึกตึงนิ่งค้างไว้ 15 วินาที

ภาพผนวกที่ ข3 (ก) บนบก



ภาพผนวกที่ ข3 (ข) ในน้ำ

4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว (External oblique, Latissimus dorsi, Serratus anterior)

วิธีปฏิบัติ: ยืนตรงเท้าทั้งสองข้างแยกห่างกัน เริ่มต้นโดยเอียงตัวไปทางด้านซ้ายโดย แขนขวาเหยียดขึ้นเหนือศีรษะพร้อมกับ แขนซ้ายค่อยๆเลื่อนลงไปแตะต้นขาด้านล่าง จนรู้สึกตึงนิ่งค้างไว้ 15 วินาที ทำสลับซ้าย - ขวา

ภาพผนวกที่ ข4 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข4 (ข) ในน้ำ

5. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อต้นขาหน้ามัดกลาง (Hips flexor and Rectus Femoris)

วิธีปฏิบัติ : ยืนก้าวเท้าซ้ายไปข้างหน้า ค่อยๆย่อเข่าซ้าย ขาขวาอยู่ข้างหลังเหยียดตรง เท้าทั้งสองข้างวางราบกับพื้น ลำตัวยืดตรง มือทั้งสองข้างวางพักไว้ที่หน้าขา ดึงสะโพกให้ต่ำลงโน้มตัวย่อเข่าซ้ายไปข้างหน้าจนรู้สึกตึงนิ่งค้างไว้ 15 วินาที

ภาพผนวกที่ ข5 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข5 (ข) ในน้ำ

6. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>: ยืนตรงมือขวาจับข้อเท้าขวาดึงเข้ามาชิดก้นให้มากที่สุด มือซ้ายแตะกำแพง หรือขอบสระเพื่อการทรงตัว ยืดจนรู้สึกตึงนิ่งค้างไว้ 15 วินาที

ภาพผนวกที่ ข6 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข6 (ข) ในน้ำ

7. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาหนีบ หลังส่วนล่าง (Adductors, Satorius ,Lower back)

<u>วิธีปฏิบัติ</u>: ยืนแยกขาออกให้ปลายเท้าทั้งสองชี้ไปทางด้านข้าง จากนั้นค่อยๆย่อเข่า บิดตัวไปทางขวา ใช้มือดันต้นขาซ้ายเล็กน้อย ทำจนรู้สึกตึงนิ่งค้างไว้ 15 วินาที ทำสลับซ้ายขวา

ภาพผนวกที่ ข7 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข7 (ข) ในน้ำ

8. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังส่วนล่าง น่อง (Soleus, Gastrocnemius)

วิธีปฏิบัติ: ยืนตรง ให้ส้นเท้าขวาอยู่ข้างหน้าปลายเท้าซ้ายเล็กน้อย ใช้มือขวาดึงปลายเท้าซ้ายเข้าหาหน้าแข้งแล้วค่อยๆก้มตัว จนรู้สึกตึงนิ่งค้างไว้ 15 วินาที ทำสลับขาซ้ายขวา

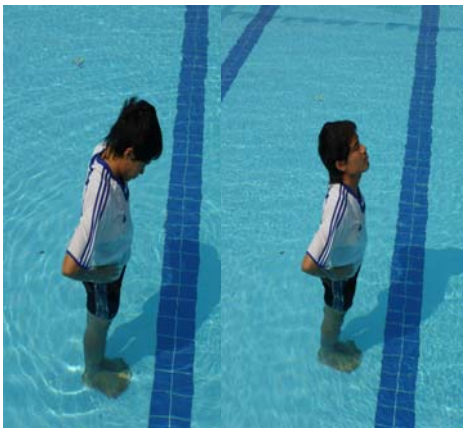
ภาพผนวกที่ ข8 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข8 (ข) ในน้ำ

9. การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอ ท้ายทอย

วิธีปฏิบัติ : ยืนตรงเท้าห่างกันเล็กน้อย ค่อยๆก้มศีรษะลง และขึ้นช้าๆ 5 ครั้ง จังหวะก้มหายใจออก จังหวะเงยหายใจเข้า

ภาพผนวกที่ ข9 (ก) บนบก



ภาพผนวกที่ ข9 (ข) ในน้ำ

10. การบริหารและยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่ และหน้าอก

<u>วิธีปฏิบัติ</u>: ยืนตัวตรงเท้าทั้งสองข้างห่างกันเล็กน้อย งอข้อศอกมือแตะไหล่ ค่อยหมุนแขนไปทางด้านหน้า 10 ครั้ง หลัง 10 ครั้ง

ภาพผนวกที่ ข10 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข10 (ข) ในน้ำ

11. การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก เอว หลังส่วนล่าง

<u>วิธีปฏิบัติ</u> : ยืนตัวตรงมือทั้งสองข้างเท้าเอว หลังจากนั้นหมุนเอวด้านขวา 10 ครั้ง ซ้าย 10 ครั้ง

ภาพผนวกที่ ข11 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข11 (ข) ในน้ำ

12. การบริหารและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อข้อมือ ข้อเท้า

<u>วิธีปฏิบัติ</u> : ยืนตัวตรงเท้าห่างกันเล็กน้อย เริ่มปฏิบัติโดยสะบัดข้อมือข้อเท้า โดยเหยียดขาขวาไปข้างหน้าเล็กน้อย พร้อมกับสะบัดข้อเท้า ข้อมือพร้อมกัน นับ 1-10 ทำสลับซ้ายขวา

ภาพผนวกที่ ข12 (ก) บนบก

ภาพผนวกที่ ข12 (ข) ในน้ำ

รายละเอียดของท่าการฝึกแบบวงจรในน้ำ 5 สถานี

<u>สถานีที่</u> 1 : การเดินหน้า – ถอยหลัง ระยะ 20 เมตร ในน้ำความลึก 150 เซนติเมตร

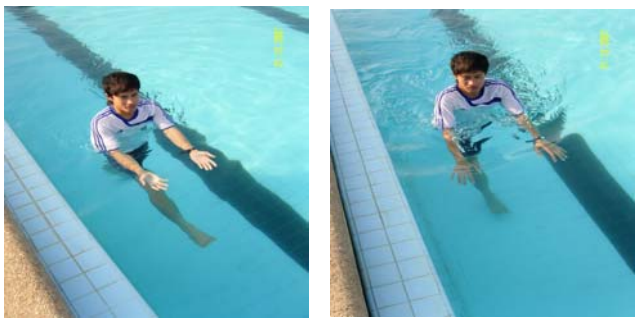
<u>วัตถุประสงค์</u> : พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u>

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1 - 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7 -12)

ให้ผู้ฝึกทำการเดินด้วยความเร็วปานกลาง ตามเวลาที่กำหนดโดยควบคุมความหนักในการฝึก โดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40 -50 เปอร์เซ็นต์ (40 -50% HRR) ดังรูป



ภาพผนวกที่ ข13 (ก) : การเดินในน้ำไปข้างหน้า ⇨

ภาพผนวกที่ ข13 (ข) : การเดินในน้ำถอยหลัง ⇦

<u>สถานีที่ 2</u> : การเต้น แอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 1 ในน้ำความลึก 150 เซนติเมตร

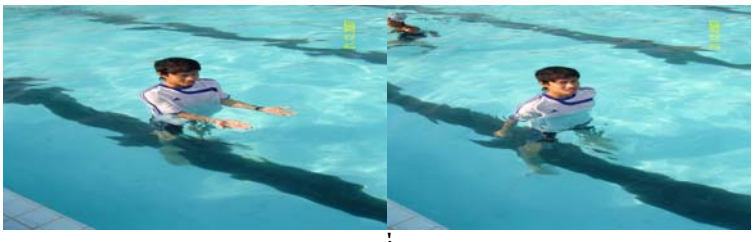
<u>วัตถุประสงค์</u> : พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u> 1. นาฬิกาจับเวลา 2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1 - 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7 - 12)

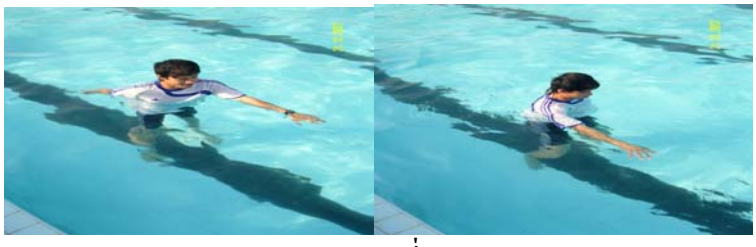
ให้ผู้ฝึกเต้น แอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 1 เป็นการบริหารกล้ามเนื้อ และข้อต่อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกายโดยให้ผู้ฝึกทำการฝึกตามท่าต่างๆที่กำหนดโดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40-50 เปอร์เซ็นต์ (40-50% HRR) หลังจากทำครบ 3 ท่า ให้วิ่งอยู่กับที่นับ 1 - 10 แล้วเริ่มทำท่าที่1 – 3 อีกครั้ง จนกว่าจะครบเวลาที่กำหนด ดังรูป

1. การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับ งอเหยียดแขนขึ้นลงในน้ำ 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 1 - 6) 30 ครั้ง(สัปดาห์ที่7 -12)



ภาพผนวกที่ ข14 (ก)

2. การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับ เหวี่ยงแขนด้านข้างสลับหน้าหลังในน้ำ 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่1 - 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7 -12)



ภาพผนวกที่ ข14 (ข)

3. การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับไขว้แขนสลับด้านหน้า 20 ครั้งในน้ำ (สัปดาห์ที่ 1 - 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7 -12)

ภาพผนวกที่ ข14 (ค)

<u>สถานีที่ 3</u> : การก้าวขึ้นลงกล่องในน้ำความลึก 150 เซนติเมตร

<u>วัตถุประสงค์ :</u>

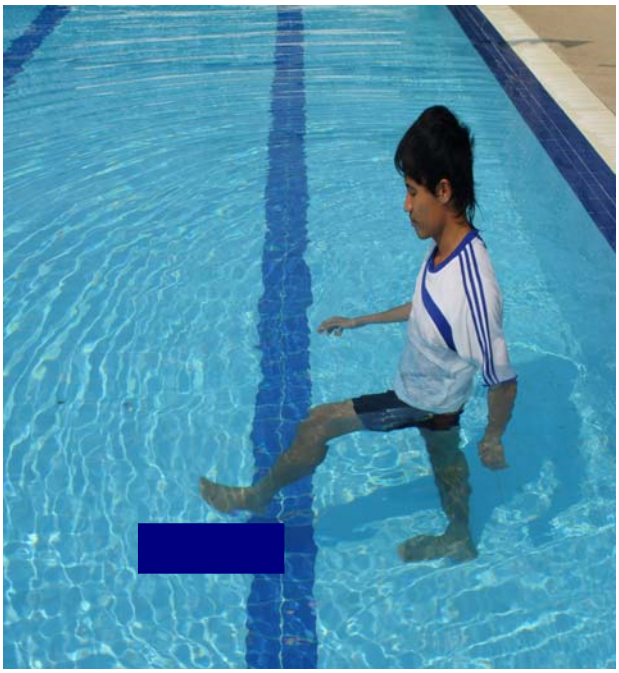
พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u>

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร
3. กล่องความสูง 4 นิ้ว (10 ซ.ม.)
4. เครื่องนับจังหวะการก้าว (metronome)

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1- 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7-12)

ให้ผู้ฝึกทำการก้าวขึ้นลงกล่อง 4 จังหวะดังนี้ จังหวะที่ 1 เริ่มจากการก้าวเท้าขวาขึ้นบนกล่อง จังหวะที่ 2 ก้าวเท้าซ้ายขึ้นไปบนกล่องชิดกับเท้าขวา จังหวะที่ 3 ถอยเท้าขวาลงมาวางกับพื้นด้านล่าง จังหวะที่ 4 ถอยเท้าซ้ายลงมาวางคู่กับเท้าขวา ตามเวลาที่กำหนดโดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40-50 เปอร์เซ็นต์ (40-50% HRR) ดังรูป



ภาพผนวกที่ ข15

<u>สถานีที่ 4</u> : การเต้น แอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 2 ในน้ำความลึก 150 เซนติเมตร

<u>วัตถุประสงค์</u> : พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u>

1. นาฬิกาจับเวลา 2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1- 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7 -12)

ให้ผู้ฝึกเต้น แอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 2 เป็นการบริหารกล้ามเนื้อ และข้อต่อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย โดยให้ผู้ฝึกทำการฝึกตามท่าต่างๆที่กำหนดโดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40-50 เปอร์เซ็นต์ (40 - 50% HRR) หลังจากทำครบ 3 ท่า ให้วิ่งอยู่กับที่นับ 1- 10 แล้วเริ่มทำท่าที่ 1 – 3 อีกครั้ง จนกว่าจะครบเวลาที่กำหนด ดังรูป

1. เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหน้าในน้ำ 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 1- 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7-12) ดังในภาพผนวกที่ ข16 (ก)
2. เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหลัง 20 ครั้งในน้ำ (สัปดาห์ที่ 1- 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7-12) ดังในภาพผนวกที่ ข16 (ข)
3. เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหลัง 20 ครั้งในน้ำ (สัปดาห์ที่ 1- 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7-12) ดังในภาพผนวกที่ ข16 (ค)

ภาพผนวกที่ ข16 (ก)

ภาพผนวกที่ ข16 (ข)

ภาพผนวกที่ ข16 (ค)

<u>สถานีที่ 5 :</u> การปั่นจักรยานแบบประยุกต์ในน้ำ

<u>วัตถุประสงค์ :</u>

พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u>

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร
3. โฟมเข็มขัดคาดเอว และโฟมเส้นช่วยลอยตัว

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1- 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7- 12)

ให้ผู้ฝึกทำท่าปั่นจักรยานในน้ำ โดยใช้โฟมเส้นคาดไว้ใต้รักแร้สองข้าง โน้มตัวไปทางด้านหลัง ให้เท้าทั้งสองลอยพ้นน้ำ ทำท่าลักษณะคล้ายการปั่นจักรยานโดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40 -50 เปอร์เซ็นต์ (40 -50% HRR) ถ้าอัตราการเต้นชีพจรไม่ถึงความหนักที่กำหนดให้เพิ่มความเร็วก้าวขึ้น
ดังรูป

ภาพผนวกที่ ข17 การปั่นจักรยานในน้ำ

รายละเอียดของท่าการฝึกแบบวงจรบนบก 5 สถานี

<u>สถานีที่</u> 1 : การเดินหน้า – ถอยหลัง ระยะ 20 เมตร

<u>วัตถุประสงค์ :</u>

พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u>

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1 - 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7 - 12)

ให้ผู้ฝึกทำการเดินด้วยความเร็วปานกลางไปข้างหน้าระยะ 20 เมตร แล้วเดินถอยหลังกลับ 20 เมตร ตามเวลาที่กำหนดโดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ (40 -50% HRR)
ดังรูป

ภาพผนวกที่ ข18 การเดินหน้า – ถอยหลังระยะ 20 เมตร

<u>สถานีที่ 2</u> : การเต้น แอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 1

<u>วัตถุประสงค์ :</u> พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u>

1. นาฬิกาจับเวลา 2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1 - 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7 - 12)

ให้ผู้ฝึกเต้น แอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 1 เป็นการบริหารกล้ามเนื้อ และข้อต่อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกายโดยให้ผู้ฝึกทำการฝึกตามท่าต่างๆที่กำหนดโดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40-50 เปอร์เซ็นต์ (40-50% HRR) หลังจากทำครบ 3 ท่า ให้วิ่งอยู่กับที่นับ 1- 10 แล้วเริ่มทำท่าที่1 – 3 อีกครั้ง จนกว่าจะครบเวลาที่กำหนด ดังรูป

1. การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับ งอเหยียดแขนขึ้นลง 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 1- 6) 30 ครั้ง(สัปดาห์ที่7-12)

ภาพผนวกที่ ข19 (ก)

2. การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับ เหวี่ยงแขนด้านข้างสลับหน้าหลัง 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่1- 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7-12)

ภาพผนวกที่ ข19 (ข)

3. การเต้นสเต็ปขาพร้อมกับไขว้แขนสลับด้านหน้า 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 1- 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7-12)

ภาพผนวกที่ ข19 (ค)

<u>สถานีที่ 3</u> : การก้าวขึ้นลงกล่อง

<u>วัตถุประสงค์ :</u>

พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u>

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร
3. กล่องความสูง 4 นิ้ว (10 ซ.ม.)
4. เครื่องกำหนดจังหวะการก้าว (metronome)

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1- 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7 -12)

ให้ผู้ฝึกทำการก้าวขึ้นลงกล่อง 4 จังหวะดังนี้ จังหวะที่ 1 เริ่มจากการก้าวเท้าขวาขึ้นบนกล่อง จังหวะที่ 2 ก้าวเท้าซ้ายขึ้นไปบนกล่องชิดกับเท้าขวา จังหวะที่ 3 ถอยเท้าขวาลงมาวางกับพื้นด้านล่าง จังหวะที่ 4 ถอยเท้าซ้ายลงมาวางคู่กับเท้าขวา ใช้เครื่องนับจังหวะการก้าว กำหนดจังหวะการก้าวขึ้นลง ตามเวลาที่กำหนดโดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ (40 - 50% HRR) ดังรูป

ภาพผนวกที่20(ก) เตรียมพร้อม

ภาพผนวกที่20(ข) จังหวะที่ 1

ภาพผนวกที่20(ค) จังหวะที่ 2

ภาพผนวกที่20(ง) จังหวะที่ 3

ภาพผนวกที่ 20(จ) จังหวะที่ 4

<u>สถานีที่ 4</u> : การเต้นแอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 2

<u>วัตถุประสงค์</u> : พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u> 1. นาฬิกาจับเวลา 2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1- 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7 -12)

ให้ผู้ฝึกเต้น แอโรบิกท่าพื้นฐาน 3 ท่า ชุดที่ 2 เป็นการบริหารกล้ามเนื้อ และข้อต่อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย โดยให้ผู้ฝึกทำการฝึกตามท่าต่างๆที่กำหนดโดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40-50 เปอร์เซ็นต์ (40-50% HRR) หลังจากทำครบ 3 ท่า ให้วิ่งอยู่กับที่นับ 1 -10 แล้วเริ่มทำท่าที่ 1 – 3 อีกครั้ง จนกว่าจะครบเวลาที่กำหนด ดังรูป

1. เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหน้า 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 1- 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7 -12)

ภาพผนวกที่ 21 (ก)

2. เหวี่ยงแขนมือแตะขาสลับซ้ายขวาด้านหลัง 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 1- 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7-12)

ภาพผนวกที่ 21 (ข)

3. เหวี่ยงแขนมือแตะขาเหยียดตรงสลับซ้ายขวาด้านหน้า 20 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 1- 6) 30 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 7-12)

ภาพผนวกที่ 21 (ค)

<u>สถานีที่5 :</u> การปั่นจักรยาน

<u>วัตถุประสงค์</u> : พัฒนาสมรรถภาพร่างกายทั่วไป ช่วยเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมน้ำหนัก

<u>อุปกรณ์</u>

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร
3. จักรยานวัดงาน

<u>วิธีปฏิบัติ</u> สถานีละ 4 นาที (สัปดาห์ที่ 1- 6) และ 5 นาที (สัปดาห์ที่ 7- 12)

ให้ผู้ฝึกทำการปั่นจักรยาน โดยใช้น้ำหนักถ่วง หนัก 1 - 2 กิโลปอนด์ ความเร็วรอบในการปั่น 50 – 60 รอบต่อนาที โดยควบคุมความหนักในการฝึกโดยใช้ อัตราการเต้นของชีพจรสำรองสูงสุด 40-50 เปอร์เซ็นต์ (40 - 50% HRR) ถ้าอัตราการเต้นชีพจรไม่ถึงความหนักที่กำหนดให้เพิ่มครั้งละ 0.5 กิโลปอนด์
ดังรูป

ภาพผนวกที่ ข22 การปั่นจักรยาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกกำลังกายแบบวงจรในน้ำและบนบก 5 สถานี ประกอบด้วย

1. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar ประเทศจีน

ภาพผนวกที่ ข23 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar ประเทศจีน

2. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Casio ประเทศญี่ปุ่น

ภาพผนวกที่ ข24 นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Casio ประเทศญี่ปุ่น

3. เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Tanita ประเทศญี่ปุ่น

ภาพผนวกที่ ข25 เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Tanita ประเทศญี่ปุ่น

4. โฟมเส้นลอยตัว

ภาพผนวกที่ ข26 โฟมเส้นลอยตัว

5. แท่นสเต็ปเดินขึ้นลงในน้ำ

ภาพผนวกที่ ข27 แท่นสเต็ปเดินขึ้นลงในน้ำ

6. แท่นสเต็ปเดินขึ้นลงบนบก

ภาพผนวกที่ ข28 แท่นสเต็ปเดินขึ้นลงบนบก

ภาคผนวก ค

ข้อมูลเบื้องต้นผู้เข้าร่วมโครงการการออกกำลังกายแบบวงจรในน้ำและบนบก
ประวัติสุขภาพ และใบยินยอมเข้าร่วมทำการวิจัย

ข้อมูลเบื้องต้นผู้เข้าร่วมโครงการการออกกำลังกายแบบวงจรในน้ำและบนบก

ข้อมูลส่วนตัว :

ชื่อ-นามสกุล.....เพศ..... อายุ.....ปี

เบอร์โทร.....ที่อยู่.....

สถานที่ทำงาน.....

วันเกิด.....เดือน.....พ.ศ. ..... ส่วนสูง..... ซ.ม. น้ำหนัก.....กก. BMI = ……

ประวัติด้านสุขภาพ : ทำเครื่องหมาย / ในช่อง ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

- ท่านเคยได้รับการตรวจสุขภาพ ☐ เคย จาก..... ☐ ไม่เคย
- ท่านมีโรคประจำตัว ☐ มี คือ ..... ☐ ไม่มี
- ลักษณะอาการของโรค คือ.....
- ยาที่ท่านได้รับจากแพทย์ คือ.....
- ท่านมีปัญหาเกี่ยวกับน้ำหนักตัว ☐ มี คือ..... ☐ ไม่มี
- ท่านมีปัญหาเกี่ยวกับความเครียด ☐ มี คือ..... ☐ ไม่มี
- ท่านมีปัญหาเกี่ยวกับการนอนพักผ่อน ☐ มี คือ..... ☐ ไม่มี

นอนพักผ่อนเฉลี่ยวันละ.....ช.ม.

การดำเนินชีวิตประจำวัน **:** ทำเครื่องหมาย / ในช่อง ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

- ออกกำลังกายประมาณกี่วันต่อสัปดาห์ ☐ มากกว่า 5 วัน ☐3-5 วัน ☐1-2 วัน ☐ ไม่แน่นอน
- ความหนักในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง ☐ หนักมาก ☐ หนัก ☐ ปานกลาง ☐ ค่อนข้างเบา
- ระยะเวลาในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง

☐ มากกว่า 30 นาที ☐ 15-30 นาที ☐ น้อยกว่า 15 นาที ☐ ไม่แน่นอน

- กิจกรรมการออกกำลังกายของท่าน คือ ☐ เดิน ☐ วิ่ง ☐ ปั่นจักรยาน ☐ เต้นแอโรบิก

☐โยคะ ☐ กีฬา ประเภท..... ☐ อื่น.....

- ช่วงเวลาที่สะดวกในการออกกำลังกาย

ช่วงเช้า ☐05:00-06:00 น. ☐06:00-07:00 น. ☐07:00-08:00 น. ☐08:00-09:00 น. อื่น.....

ช่วงเย็น ☐15:00-16:00 น. ☐16:00-17:00 น. ☐17:00-18:00 น. ☐18:00-19:00 น. อื่น.....

ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเพื่อส่งเสริม และพัฒนาทางด้านสุขภาพให้กับสตรีวัยทำงาน ช่วงอายุ 40 – 49 ปีที่มีน้ำหนักตัวเกิน(ดัชนีมวลกาย(BMI) มากกว่า 24.9) เนื่องจากสตรีในช่วงนี้มักมีปัญหาทางด้านสุขภาพ โดยเฉพาะปัญหาเรื่องน้ำหนักตัว ความดัน ไขมันในเลือดสูง เป็นต้น ผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาในเรื่องนี้จึงต้องการจัดโครงการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมทางด้านสุขภาพขึ้น การวิจัยในครั้งนี้ ไม่มีการเก็บค่าใช้จ่าย อุปกรณ์ที่ใช้มีมาตรฐานและปลอดภัย มีการดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดโครงการ

ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ..... ผู้เข้าร่วมวิจัย

ลงชื่อ..... ผู้วิจัย

วันที่ .....

ประวัติสุขภาพ

ชื่อ-นามสกุล.....สังกัด/คณะ.....
เบอร์โทรศัพท์มือถือ.....ภายใน…….... อายุ.....ปี ส่วนสูง.....ซม.
น้ำหนัก.....กก. ยินดีเข้าร่วมโปรแกรมออกกำลังกาย โดยมีประวัติสุขภาพ ดังนี้

โรคหัวใจ (Heart Condition)	☐ มี	☐ ไม่มี
อาการปวดรุนแรงที่หัวใจ (Angina)	☐ มี	☐ ไม่มี
ความดันโลหิตสูง (High Blood Pressure)	☐ มี	☐ ไม่มี
โรคหอบหืด (Asthma)	☐ มี	☐ ไม่มี
โรคเบาหวาน (Diabetes)	☐ มี	☐ ไม่มี
ปัญหาเกี่ยวกับหลัง (Back Problems)	☐ มี	☐ ไม่มี
ปัญหาเกี่ยวกับข้อเข่า (Knee Problems)	☐ มี	☐ ไม่มี
ไขมันในเลือดสูง (High Crolesterol)	☐ มี	☐ ไม่มี
กระดูกพรุน (Osteoporasis)	☐ มี	☐ ไม่มี
สูบบุหรี่ (Smoker)	☐ มี	☐ ไม่มี
การตั้งครรภ์ (Pregnancy)	☐ มี	☐ ไม่มี
การผ่าตัดเมื่อเร็วๆ นี้ (Recent Surgery)	☐ มี	☐ ไม่มี

ประวัติการรักษาพยาบาลอื่นๆ โปรดระบุ.....
ยาที่ได้รับปัจจุบัน.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

……..……..
(.....)
.....

ใบยินยอมเข้าร่วมทำการวิจัย

ด้วยว่าที่ร้อยตรี คณาพจน์ ใจรื่น นิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีความประสงค์ที่จะเก็บข้อมูลเพื่อประกอบการศึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบกที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกายและการเผาผลาญไขมันในผู้หญิงอ้วน โดยมีวัตถุประสงค์ที่ส่งเสริมทางด้านสุขภาพให้ผู้หญิงน้ำหนักตัวเกินจนถึงระดับอ้วนโดยใช้วิธีการออกกำลังกายแบบวงจร เพื่อลดน้ำหนัก ควบคุมน้ำหนัก พัฒนาสมรรถภาพทางกายด้านต่างๆของผู้เข้าร่วม ในส่วนรายละเอียดต่างๆ ต่อไปนี้จะช่วยให้ท่านประกอบการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย เมื่อท่านเข้าร่วมการวิจัยแล้วท่านสามารถหยุดได้หากมีอาการผิดปกติไม่ชอบหรือไม่พึงพอใจ

การวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการทดสอบ ประกอบด้วย การวัดลักษณะทางกายภาพ เช่น ชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง มีการประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยการวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยใช้ Skinfold calipers มีการวัดเส้นรอบวงร่างกาย 5 ตำแหน่ง นอกจากนี้ยังมีการทดสอบเพื่อศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมันในขณะออกกำลังกายที่ความหนักต่างกัน 5 ระดับ คือ 20 30 40 50 และ 60 %HRR ตามลำดับ โดยที่ผู้ถูกทดสอบทำการเดินบนลู่กล(Treadmill) มีการใส่หน้ากากเพื่อหายใจเข้า- ออก ผ่านตัวรับอากาศ (mouthpiece) เพื่อนำไปวิเคราะห์การเผผลาญไขมัน ขณะทดสอบมีการดูแลอย่างใกล้ชิดโดยผู้มีความชำนาญ การทดสอบจะทำ 3 ช่วง คือ ก่อนฝึก หลังฝึก 6 สัปดาห์ และหลังฝึก 12 สัปดาห์ ส่วนที่ 2 เป็นการเข้าร่วมการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบก 5 สถานีเป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยโปรแกรมการฝึกได้รับการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญว่าเหมาะสมสำหรับผู้หญิงอ้วน อายุ 40-49 ปี

หากท่านเข้าใจถึงสิทธิประโยชน์ที่จะได้รับ อัตราเสี่ยงและสิทธิในการถอนตัวออกจากงานวิจัย ในกรณีไม่พึงประสงค์จะเข้าร่วมวิจัยนี้ต่อไป การถอนตัวออกจากงานวิจัยนี้จะไม่มีผลกระทบใดๆต่อการรักษาที่พึงให้ต่อท่านต่อภายหลังการถอนตัว นอกจากนี้ผู้วิจัยสามารถที่จะให้ท่านถอนตัวออกจากงานวิจัยนี้ได้ ถ้าเห็นว่าท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำได้ หรือมีเหตุผลอื่นอันสมควร โครงการนี้ไม่มีการเก็บค่าใช้จ่ายจากผู้เข้าร่วมโครงการไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น

หากท่านเข้าใจถึงประโยชน์ที่ได้รับและยินดีเข้าร่วมการวิจัยอย่างเต็มใจ ในการวิจัยครั้งนี้ กรุณาโปรดลงชื่อ เพื่อยินยอมเข้าร่วมทำการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
( )	( )	( )
ผู้เข้าร่วมวิจัย	ผู้วิจัย	พยาน

ภาคผนวก ง

ใบบันทึกผลการทดสอบการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบก

ใบบันทึกผลการทดสอบการฝึกแบบวงจรในน้ำและบนบก

ชื่อ-นามสกุล.....เบอร์โทร.....

Name-Surname…..……สถานที่ทำงาน.....

วันเกิด ...../...../..... อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กก. ส่วนสูง..... ซม. BMI = ……

ชีพจรขณะพัก..... ครั้ง/นาที ความดันโลหิต ...../..... มม.ปรอท.

สุขภาพทั่วไปก่อนทดสอบ.....

1.องค์ประกอบของร่างกาย (body composition)

1.1 เปอร์เซ็นต์ไขมันโดยใช้ Lange skinfold caliper วัด 3 ตำแหน่ง

1.1.1 Triceps วัดที่จุดกึ่งกลางผิวหนังด้านหลังของแขนระหว่างหัวไหล่และปลายข้อศอก

Triceps	วัดครั้งที่1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
	ก่อนฝึก ……....	…….	…….	…….
	หลังฝึกสัปดาห์ที่..... …….	……...	…….	…….

1.1.2 Suprailium วัดที่จุดของส้นขวางบนยอดกระดูกเชิงกราน

Suprailium	วัดครั้งที่1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
	ก่อนฝึก ……	…….	…….	…….
	หลังฝึกสัปดาห์ที่..... …….	……...	…….	…….

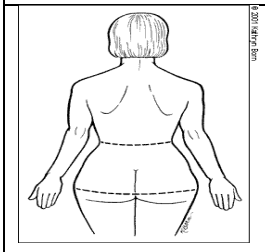
1.1.3 Thigh ต้นขาวัดที่จุดกึ่งกลางผิวหนังด้านหน้าของต้นขาระหว่างข้อต่อที่สะโพกและข้อต่อที่หัวเข่า

Thigh	วัดครั้งที่1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
	ก่อนฝึก ……	…….	…….	…….
	หลังฝึกสัปดาห์ที่ .....…….	……...	…….	…….

1.2 เส้นรอบวงของร่างกาย (girth or circumference) 5 ตำแหน่ง (หน่วยเซนติเมตร)

ส่วนที่วัด	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
1.บริเวณกล้ามเนื้อแขนท่อนบนขณะงอ (biceps flexed)	ก่อนฝึก		
	หลังฝึกสัปดาห์ที่.....		
2. รอบเอว (waist)	ก่อนฝึก		
	หลังฝึกสัปดาห์ที่.....		
3.รอบสะโพก (hip)	ก่อนฝึก		
	หลังฝึกสัปดาห์ที่.....		
4.ขาท่อนบน (thigh)	ก่อนฝึก		
	หลังฝึกสัปดาห์ที่.....		
5.น่อง (calf)	ก่อนฝึก		
	หลังฝึกสัปดาห์ที่.....		

1.3 อัตราส่วนรอบวงเองต่อรอบวงสะโพก (waist to hip ratio; WHR) (หน่วยเซนติเมตร)

WHR	ค่าการทดสอบ		ค่า WHR
	ก่อนฝึก		รอบวงเอว/รอบวงสะโพก
	เอว ...ซ.ม.	สะโพก.....	
	หลังฝึกสัปดาห์ที่.....		
	เอว	สะโพก.....	

ใบบันทึกการทดสอบอัตราการเผาผลาญไขมัน(fat oxidation rate) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ซ เพื่อหาระดับ %HRR สูงสุด

ชื่อ-นามสกุล.....อุณหภูมิห้อง.....˚C ความชื้นสัมพัทธ์.....%

Time (min)	Stage	Speed(kpm)	Grade (%)	HR (bpm)	% HRR	RPE	Note
1	Baseline	0	0				
2							
3							
1	Exercise	2	2				
2							
3		2.5	2				
4							
5		3	2				
6							
7		3.5	2				
8							
9		4	2				
10							
11		4.5	2				
12							
13		5	2				
14							
15		5.5	2				
16							
17			3				
18							
19			4				
20							
21			5				
22							
23	Recovery	3.5	0				
24							
25							

ลงชื่อ..... ผู้เข้าร่วมโครงการ

ลงชื่อ..... ผู้วิจัย

วันที่.....

ใบบันทึกการทดสอบอัตราการเผาผลาญไขมัน(fat oxidation rate) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ซ

ในระดับความหนัก 20 30 40 50 60 %HRR

ชื่อ-นามสกุล..... อุณหภูมิห้อง.....°C ความชื้นสัมพัทธ์ .....%

Time(min)	Stage	Speed(kpm)	Grade (%)	HR (bpm)	% HRR	RPE	Note
1	Baseline	**0**	**0**				
2							
3							
4							
5							
6							
7	**Exercise 20 %HRR**						
8							
9							
10							
11							
12	**Exercise 30%HRR**						
13							
14							
15							
16							
17							
18	**Exercise 40%HRR**						
19							
20							
21							
22							
23							
24	**Exercise 50%HRR**						
25							
26							
27							
28							
29							
30	**Exercise 60%HRR**						

Time(min)	Stage	Speed(kpm)	Grade (%)	HR (bpm)	% HRR	RPE	Note
31	**Exercise 60%HRR**						
32							
33							
34							
35							
36	**Recovery**	**3.5**	**0**				
1							
2							
3							

หมายเหตุ : ……

……

……

……

ลงชื่อ……ผู้เข้าร่วมโครงการ

ลงชื่อ……ผู้วิจัย

วันที่……

.

ภาคผนวก จ

วิธีการวัดองค์ประกอบของร่างกาย 4 ส่วน

การหาดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI)

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อชี้วัดถึงความเหมาะสมของขนาดรูปร่างแต่ละคน

<u>อุปกรณ์</u> : เครื่องชั่งน้ำหนักและส่วนสูง ยี่ห้อ DETECTO ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา

<u>วิธีการ</u>

1.ให้ผู้ถูกทดสอบถอดรองเท้าก่อนชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง ชุดสวมใส่ชุดที่สบายไม่ใส่อุปกรณ์ที่มีน้ำที่มีผลต่อการชั่ง และการวัดส่วนสูง

2. นำค่าที่ได้จากการชั่งน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และส่วนสูง (เมตร) มาคำนวณหาดัชนีมวลกายดังสมการ

$$\textbf{สูตรคำนวน BMI} = \frac{\text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)}}{\text{ส่วนสูง}^2 \text{ (เมตร)}}$$

เกณฑ์มาตรฐานประเมินค่า (BMI กก./ม^2)

ขนาดรูปร่าง	ชาย	หญิง
ผอมบาง	18.4 ลงมา	18.4 ลงมา
พอเหมาะ	18.5 – 24.9	18.5 – 24.9
ตัวหนา	25.0 – 29.9	25.0 – 29.9
อ้วน	30 ขึ้นไป	30 ขึ้นไป

ที่มา: WHO (2000)

การหาเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง (% body fat)

<u>วัตถุประสงค์</u> : ประเมินค่าองค์ประกอบทางกาย (body composition **)**

<u>อุปกรณ์</u> : Lange skinfold caliper

ภาพผนวกที่ จ1 เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังยี่ห้อ Lange ประเทศอังกฤษ

<u>วิธีการ</u>

1. ทำการวัดไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ Lange skinfold caliper โดยทำการวัดทั้งหมด 3 ตำแหน่ง คือ Triceps Suprailium Thigh

2. วิธีการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังใช้นิ้วชี้ และนิ้วหัวแม่มือจับผิวหนังและไขมันที่อยู่ใต้ผิวหนังตรงตำแหน่งที่ต้องการวัดและดึงขึ้นมาเล็กน้อย เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อติดมาด้วย ข้อสังเกตคือ เมื่อจับและยกผิวหนังขึ้นจะรู้สึกว่ากล้ามเนื้อหลุดไปจากนิ้วทั้งสองและใช้มือข้างที่เหลือจับ Lange skinfold caliper กางปากคีบออก หนีบลงตรงกลางของตำแหน่งที่จับ อ่านจากหน้าปัดบอกความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (Mayhew,1981)

3. การวัดตำแหน่งต่างๆใช้หลักของ National Academy of Science (Brozekand Hanschel,1961)

3.1 Triceps วัดที่จุดกึ่งกลางผิวหนังด้านหลังของแขนระหว่างหัวไหล่และปลายข้อศอก

ภาพผนวกที่ จ2 การวัดไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ Lange skinfold caliper ตำแหน่ง Triceps

3.2 Suprailium วัดที่จุดของส้นขวางบนยอดกระดูกเชิงกราน

ภาพผนวกที่ จ3 การวัดไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ Lange skinfold caliper ตำแหน่ง Suprailium

3.3 Thigh ต้นขาวัดที่จุดกึ่งกลางผิวหนังด้านหน้าของต้นขาระหว่างข้อต่อที่สะโพกและข้อต่อที่หัวเข่า

ภาพผนวกที่ จ4 การวัดไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ Lange skinfold caliper ตำแหน่ง Thigh

4. ขณะทำการทดสอบกล้ามเนื้อ ร่างกายต้องอยู่ในสภาวะพัก ไม่มีการเกร็งในขณะวัด ปลายของเครื่องมือ Lange skinfold caliper จะอยู่ห่างจากปลายนิ้วประมาณ 1 เซนติเมตรและอ่านค่าหลังจากการปล่อยให้เครื่องมือกดผิวหนัง 2 วินาที ทำการวัด 2 ครั้งแล้วนำค่าที่ได้ในการวัดในแต่ละตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ย

5. นำค่าที่วัดได้การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 3 ตำแหน่ง คือ Triceps Suprailium Thigh มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายโดยใช้ สมการของ Siri (1961) ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน \% Body Fat} = \frac{4.95}{\text{Db}} - 4.50 \times 100$$

หาความหนาแน่นของร่างกาย (body density ; Db) ใช้สมการของ Jackson and Pollock (1980)

ดังนี้

$$Db = 1.0994921 - 0.0009929 (X_3) + 0.0000023 (X_3)^2 - 0.0001392 (X_4)$$

เมื่อ X_3 = ผลรวมของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (triceps) ต้นขา (thigh) และกล้ามเนื้อ suprailium

X_4 = อายุ (ปี)

ตารางภาคผนวกที่ จ1 แสดงการประมาณค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ผลรวมการวัด skinfolds ในตำแหน่ง triceps suprailium thigh

PERCENT FAT ESTIMATE FOR WOMEN:
SUM OF TRICEPS, SUPRAILIUM, AND THIGH SKINFOLDS

Sum of Skinfolds (mm)	Age Groups								
	Under 22	23–27	28–32	33–37	38–42	43–47	48–52	53–57	Over 57
23–25	9.7	9.9	10.2	10.4	10.7	10.9	11.2	11.4	11.7
26–28	11.0	11.2	11.5	11.7	12.0	12.3	12.5	12.7	13.0
29–31	12.3	12.5	12.8	13.0	13.3	13.5	13.8	14.0	14.3
32–34	13.6	13.8	14.0	14.3	14.5	14.8	15.0	15.3	15.5
35–37	14.8	15.0	15.3	15.5	15.8	16.0	16.3	16.5	16.8
38–40	16.0	16.3	16.5	16.7	17.0	17.2	17.5	17.7	18.0
41–43	17.2	17.4	17.7	17.9	18.2	18.4	18.7	18.9	19.2
44–46	18.3	18.6	18.8	19.1	19.3	19.6	19.8	20.1	20.3
47–49	19.5	19.7	20.0	20.2	20.5	20.7	21.0	21.2	21.5
50–52	20.6	20.8	21.1	21.3	21.6	21.8	22.1	22.3	22.6
53–55	21.7	21.9	22.1	22.4	22.6	22.9	23.1	23.4	23.6
56–58	22.7	23.0	23.2	23.4	23.7	23.9	24.2	24.4	24.7
59–61	23.7	24.0	24.2	24.5	24.7	25.0	25.2	25.5	25.7
62–64	24.7	25.0	25.2	25.5	25.7	26.0	26.7	26.4	26.7
65–67	25.7	25.9	26.2	26.4	26.7	26.9	27.2	27.4	27.7
68–70	26.6	26.9	27.1	27.4	27.6	27.9	28.1	28.4	28.6
71–73	27.5	27.8	28.0	28.3	28.5	28.8	29.0	29.3	29.5
74–76	28.4	28.7	28.9	29.2	29.4	29.7	29.9	30.2	30.4
77–79	29.3	29.5	29.8	30.0	30.3	30.5	30.8	31.0	31.3
80–82	30.1	30.4	30.6	30.9	31.1	31.4	31.6	31.9	32.1
83–85	30.9	31.2	31.4	31.7	31.9	32.2	32.4	32.7	32.9
86–88	31.7	32.0	32.2	32.5	32.7	32.9	33.2	33.4	33.7
89–91	32.5	32.7	33.0	33.2	33.5	33.7	33.9	34.2	34.4
92–94	33.2	33.4	33.7	33.9	34.2	34.4	34.7	34.9	35.2
95–97	33.9	34.1	34.4	34.6	34.9	35.1	35.4	35.6	35.9
98–100	34.6	34.8	35.1	35.3	35.5	35.8	36.0	36.3	36.5
101–103	35.3	35.4	35.7	35.9	36.2	36.4	36.7	36.9	37.2
104–106	35.8	36.1	36.3	36.6	36.8	37.1	37.3	37.5	37.8
107–109	36.4	36.7	36.9	37.1	37.4	37.6	37.9	38.1	38.4
110–112	37.0	37.2	37.5	37.7	38.0	38.2	38.5	38.7	38.9
113–115	37.5	37.8	38.0	38.2	38.5	38.7	39.0	39.2	39.5
116–118	38.0	38.3	38.5	38.8	39.0	39.3	39.5	39.7	40.0
119–121	38.5	38.7	39.0	39.2	39.5	39.7	40.0	40.2	40.5
122–124	39.0	39.2	39.4	39.7	39.9	40.2	40.4	40.7	40.9
125–127	39.4	39.6	39.9	40.1	40.4	40.6	40.9	41.1	41.4
128–130	39.8	40.0	40.3	40.5	40.8	41.0	41.3	41.5	41.8

Source: Jackson and Pollack, 1985. Reprinted from the May 1985 issue of *The Physician and Sportsmedicine* by special permission from McGraw-Hill, Inc. Copyright 1990 by McGraw-Hill, Inc.

ที่มา : Jackson and Pollock (1985)

การหาสัดส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพก (WHR)

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อชี้วัดถึงการมีสัดส่วนรูปร่างที่เหมาะสม ปริมาณการสะสมของไขมันบริเวณเอวและท้อง

<u>อุปกรณ์</u>

เทปโลหะ (gulick tape) หรือสายวัด

<u>วิธีการ</u>

1. ให้ผู้ปฏิบัติยืนตัวตรง ทำการวัดส่วนเว้าที่สุดของเอวระดับสะดือ แต่ถ้าไม่มีส่วนเว้าให้วัดรอบตามแนวสะดือ ห้ามแขม่วท้องหรือเบ่งท้องตึง วัดรอบบริเวณกึ่งกลางสะโพก หรือแนวของหัวกระดูกต้นขา ส่วนที่นูนที่ สุดของสะโพก (gluteal protusion)
2. นำค่าที่ได้จากากรวัดรอบเอว (เซนติเมตร) และ รอบสะโพก (เซนติเมตร)

$$\text{WHR} = \frac{\text{เส้นรอบเอว (เซนติเมตร)}}{\text{เส้นรอบสะโพก (เซนติเมตร)}}$$

ตารางภาคผนวกที่ จ2 แสดงเกณฑ์มาตรฐานประเมินค่า WHR

ช่วงอายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	เอวเล็ก	พอเหมาะ	เอวใหญ่	เอวเล็ก	พอเหมาะ	เอวใหญ่
50-59	0.84 ลงมา	0.85 - 0.97	0.98 - 1.03	0.75 ลงมา	0.76 – 0.88	0.89 – 0.94
60 ปีขึ้นไป	0.84 ลงมา	0.85 - 0.97	0.98 - 1.03	0.76 ลงมา	0.77 – 0.91	0.92 – 0.98

ที่มา: WHO Consultation on Obesity (1998)

การวัดเส้นรอบวงของร่างกาย

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อชี้วัดถึงความเหมาะสมของขนาดรูปร่างแต่ละคน

<u>อุปกรณ์</u> : สายวัด

<u>วิธีการ</u>

1. วัดเส้นรอบวงของร่างกายในขณะที่ร่างกายยืนในท่ากายวิภาค ยกเว้น การวัดแขนให้วัดในขณะที่ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่ง และการวัดช่วงแขน และช่วงขาจะวัดทางด้านขวาสุดของร่างกาย (ปุลิ, 2533)

2. ทำการวัดในตำแหน่งต่างๆดังนี้

   2.1 กล้ามเนื้อแขนท่อนบนขณะงอ (biceps flexed) ให้วัดขณะที่งอแขนทำมุม มากที่สุด ให้บันทึกจุดที่สูงที่สุดในขณะกล้ามเนื้อหดตัว

   2.2 ช่วงเอว (waist) ให้วัดรอบเอวระดับสะดือ ขณะหายใจออกอย่างเต็มที่

   2.3 สะโพก (hip) วัดโดยผ่านกล้ามเนื้อสะโพก (gluteus maximus)

   2.4 ขาท่อนบน (thigh) ให้วัดช่วงตรงต้นขาด้านล่างของกล้ามเนื้อสะโพก (gluteus maximus)

   2.5 น่อง (calf) ให้วัดตรงช่วงที่ใหญ่ที่สุดของน่อง บริเวณกล้ามเนื้อ Gastrocnemius

3. บันทึกค่าที่วัดได้ลงในใบบันทึกผล

ภาคผนวก ฉ

การวัดอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกาย โดยลู่กล
ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น Vmax 229 Series

วิธีการวัดอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายโดยลู่กล
ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น Vmax 229 Series

<u>วัตถุประสงค์</u>

วัดอัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกาย เพื่อประเมินทางด้านสุขภาพ

<u>อุปกรณ์</u> : เครื่องวิเคราะห์ก๊าซยี่ห้อ SensorMedics รุ่น Vmax 229 Series และลู่กลยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น 2000 Treadmill ประเทศสหรัฐอเมริกา

<u>วิธีการ</u>

1. เปิดเครื่องก่อนการใช้งาน เป็นเวลาอย่างน้อย 30-60 นาที โดยเข้าสู่โปรแกรม V max
2. เริ่มต้นการใช้งานโดยเปิดถังก๊าซที่ใช้ calibrate (span 1 และ span 2 ถังสีขาว) และถังก๊าซที่บรรจุก๊าซออกซิเจน (ถังสีเขียว)
3. นำ mass flow sensor มาต่อกับท่อที่ใช้หายใจบริเวณที่ใช้สวม mouthpiece
4. ทำการ calibrate flow โดยเข้าไปที่ flow sensor calibrate (F1) บนหน้าจอ โปรแกรม V max ทำตามขั้นตอนจนเสร็จสิ้น จากนั้นถอด mass flow sensor ออก
5. ทำการ calibrate standard O_2 และ standard CO_2 โดยเข้าไปที่ Metabolic/Exercise test แล้วกด F1 เพื่อทำการ calibrate standard O_2 และ standard CO_2 จนเสร็จสิ้น เมื่อเสร็จแล้วให้กด F3 แล้วถอดสาย BXB เข้าไปเสียบ บริเวณ flow sensor เหมือนเดิม
6. ปิดถัง calibrate (span1 และ span2 ถังสีขาว) เหลือแต่ถังก๊าซที่บรรจุก๊าซออกซิเจน (ถังสีเขียว) ไว้
7. ทำการป้อนข้อมูล โดยเข้าไปที่ New study หรือไปที่ Find patient กรณีที่ต้องการหาข้อมูลเก่าที่เคยทดสอบไว้
8. ทำการติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และให้ผู้รับการทดสอบสวมท่อที่ใช้หายใจโดยผ่าน mouthpiece พร้อมกับใช้ clip nose หนีบจมูก เพื่อให้ผู้ทดสอบหายใจเข้าออกทางเดียว
9. เข้าไปที่ Exercise/Metabolic test จากนั้นเลือก protocol ที่ต้องการศึกษา โดย protocol ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ incremental protocol โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ครั้ง ดังนี้

การทดสอบครั้งที่ 1 : การทดสอบอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซเพื่อหาระดับ % HRR สูงสุด โดยวิธีการหาอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) โดยใช้วิธีการ แบบ Indirect calorimetry โดยให้ผู้ถูกทดสอบออกกำลังกายที่ระดับต่ำกว่าความสามารถสูงสุด (submaximal exercise test) บนลู่กล วิเคราะห์ค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (ก่อนทำการทดสอบผู้ทำการทดสอบงดการออกกำลังกายอย่างน้อย 48 ชั่วโมง งดการดื่ม แอลกอฮฮล์ รับประทานอาหารก่อนการทดสอบอย่างน้อย 3-4 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ เพิ่มความหนักขึ้น(incremental exercise test) (Achten, 2003) โดยเริ่มต้นทดสอบที่ ความเร็ว 2 กม./ชม. ความชัน 2 % เพิ่มความเร็วขึ้น 0.5 กม./ชม. ทุก 2 นาที ความชันคงที่ จนถึงระดับความเร็ว 5.5 กม./ชม. ให้เพิ่มความชัน 1% ทุก 2 นาที จนกระทั่งผู้ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจถึงระดับความหนัก 85 % อัตราการเต้นของหัวใจสำรองสูงสุด (heart rate reserve; HRR) หรือทำการทดสอบต่อไม่ไหว มีการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ 1 นาที โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจชนิดไร้สาย ขณะออกกำลังกาย บันทึกระดับความเหนื่อยโดยใช้สเกลวัดความเหนื่อยของ Borge (RPE scale 6-20) ภายหลังจากการทดสอบ คำนวณหาค่า 2 ส่วน ดังนี้

9.1.1 การคำนวณเปอร์เซ็นต์เผาผลาญพลังงานโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ RER (respiratory exchange ratio) = VCO_2/VO_2 ทุก 2 นาที โดยเปอร์เซ็นต์ ของการเผาผลาญไขมัน (% kcal from fat) และคาร์โบไฮเดรต (% kcal from CHO) คำนวณโดยใช้สมการของ McGilver (1983) มาคำนวณในแต่ละระดับความหนัก ของการออกกำลังกาย

ดังสูตร

% Kcal from fat = (1-RER)/0.29 x 100

%Kcal from CHO = (RER-0.71)/0.29 x 100

โดย RER คือ อัตราส่วนของปริมาณการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ต่อการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยทุก 2 นาที

9.1.2 การคำนวณอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) และคาร์โบไฮเดรต (CHO oxidation rate) คำนวณโดยใช้ค่า VO_2 และ VCO_2 เฉลี่ยทุก 2 นาที โดยใช้สมการที่ไม่นำการสันดาปโปรตีนมาคำนวณ ของ Peronnet and Massicotte (1991) ในแต่ละระดับความหนัก ของการออกกำลังกาย

ดังสูตร

$$\text{Fat oxidation rate } (g.min^{-1}) = 1.695\ VO_2 - 1.701\ VCO_2$$

$$\text{CHO oxidation rate } (g.min^{-1}) = 4.585\ VCO_2 - 3.225\ VO_2$$

โดย VO_2 $(L.min^{-1})$ คือ ปริมาณการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยทุก 2 นาที

VCO_2 $(L.min^{-1})$ คือ ปริมาณการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ยทุก 2 นาที

การทดสอบครั้งที่ 2 : การทดสอบอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซในระดับความหนัก 20 30 40 50 และ60 %HRR ก่อนการทดสอบคำนวณหาระดับความหนักในการทดสอบโดยใช้อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (heart rate reserve; HRR) ว่าอยู่ที่ระดับความหนัก 20 30 40 50 และ 60 %HRR ว่าแต่ละระดับความหนักอยู่ที่ระดับความเร็ว และความชันที่เท่าใดจากการทดสอบครั้งที่ 1 โดยเริ่มต้นทดสอบให้ผู้ถูกทดสอบยืนพักบนลู่กล 6 นาที หลังจากนั้นทำการออกกำลังกายโดยการเดินบนลู่กล ที่ระดับความเร็ว และความชันที่ตรงกับระดับความหนัก 20 30 40 50 และ 60 %HRR โดยทดสอบความหนักละ 6 นาที มีการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ 1 นาที โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจชนิดไร้สาย ขณะออกกำลังกาย บันทึกระดับความเหนื่อยโดยใช้สเกลวัดความเหนื่อยของ Borge (RPE scale 6-20)ภายหลังจากการทดสอบ คำนวณหาค่า 2 ส่วน ดังนี้

9.2.1การคำนวณเปอร์เซ็นต์เผาผลาญพลังงานโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ RER (respiratory exchange ratio) = VCO_2/VO_2 ทุก 6 นาทีโดยเปอร์เซ็นต์ ของการเผาผลาญไขมัน (% kcal from fat) และคาร์โบไฮเดรต (% kcal from CHO) คำนวณโดยใช้สมการของ McGilver (1983) มาคำนวณในแต่ละระดับความหนัก ของการออกกำลังกาย

ดังสูตร

$$\%\ \text{Kcal from fat} = (1\text{-RER})/0.29 \times 100$$

$$\%\text{Kcal from CHO} = (\text{RER}-0.71)/0.29 \times 100$$

โดย RER คือ อัตราส่วนของปริมาณการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ต่อการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยทุก 6 นาที

9.2.2 การคำนวณอัตราการเผาผลาญไขมัน(fat oxidation rate) และคาร์โบไฮเดรต (CHO oxidation rate) คำนวณโดยใช้ค่า VO_2 และ VCO_2 เฉลี่ยทุก 6 นาที โดยใช้สมการที่ไม่นำการสันดาปโปรตีนมาคำนวณ ของ Peronnet and Massicotte (1991) ในแต่ละระดับความหนักของการออกกำลังกาย

ดังสูตร

$$\text{Fat oxidation rate } (g.min^{-1}) = 1.695\ VO_2 - 1.701\ VCO_2$$

$$\text{CHO oxidation rate } (g.min^{-1}) = 4.585\ VCO_2 - 3.225\ VO_2$$

โดย VO_2 $(L.min^{-1})$ คือ ปริมาณการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยทุก 6 นาที

VCO_2 $(L.min^{-1})$ คือ ปริมาณการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ยทุก 6 นาที

10. ค่าที่ได้จากการทดสอบเช่น ค่า VO_2 VCO_2 RQ และ HR ที่ใช้ไปในแต่ละนาทีของการทดสอบสามารถเรียกดูและสั่ง Print ได้ โดยไปที่ Tabular edit หรือถ้าต้องการให้แสดงรายละเอียดทั้งหมด สามารถเรียกดูและสั่ง Print ได้ โดยไปที่ B-Report บนหน้าจอของโปรแกรม V max จากนั้น เลือกคำว่า CPX: Summary แล้วไปที่ View

11. เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบให้ปิดถังก๊าซให้สนิทพร้อมทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น Mouthpiece flow sensor และหน้ากาก กรณีที่ต้องทำการทดสอบคนต่อไปให้กลับไปทำตามขั้นตอนในข้อ 2 ใหม่อีกครั้ง โดยมีอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลองแสดงดังภาพต่อไปนี้

ภาพผนวกที่ ฉ1 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซและชุดอุปกรณ์ Metabolic Cart ยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น Vmax 229 Series ประเทศสหรัฐอเมริกา

ภาพผนวกที่ ฉ2 ลู่กลยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น 2000 Treadmill ประเทศสหรัฐอเมริกา

ภาพผนวกที่ ฉ3 แสดงขั้นตอนการ Calibrate Flow

ภาพผนวกที่ ฉ4 แสดงขั้นตอนการทดสอบอัตราการเผาผลาญไขมัน

ตารางภาคผนวกที่ ฉ1 แสดงค่าสเกลวัดความเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion Scale)

ที่มา: Borg (1983)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีคณาพจน์ ใจรื่น
วัน เดือน ปี ที่เกิด	11 มกราคม 2525
ประวัติการศึกษา	ปี พ.ศ. 2544 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนศรีวิชัยวิทยา จังหวัดนครปฐม
	ปี พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ศิลปศาสตรบัณฑิต (พลศึกษา) เกียรตินิยมอันดับ 1 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ปี พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษานักศึกษาวิชาทหารชั้นปีที่ 5 กรมการรักษา ดินแดน จากกระทรวงกลาโหม
	ปี พ.ศ.2552 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์การกีฬา จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการการศึกษาพหุภาษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดชลบุรี