# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

**ปริญญา**

วิทยาศาสตร์การกีฬา | โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

**สาขา** | **ภาควิชา**

**เรื่อง** ผลของการออกกำลังกายระดับเบาช่วงเวลาเช้าและเย็นที่มีต่ออัตราการเผาผลาญไขมันในผู้ชายอ้วน

The Effect of Low Intensity Exercise in Morning and Evening on Fat Oxidation Rate in Obese Males

**นามผู้วิจัย** **นายมังกร จำเนียรสุข**

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก** .....

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** .....

( อาจารย์อาภัสรา อัครพันธุ์, ปร.ด. )

**ประธานสาขาวิชา** .....

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมณฑลกุล, Ph.D. )

## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

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

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

# ผลของการออกกำลังกายระดับเบาช่วงเวลาเช้าและเย็นที่มีต่ออัตราการเผาผลาญไขมันในผู้ชายอ้วน

# The Effect of Low Intensity Exercise in Morning and Evening on Fat Oxidation Rate in Obese Males


โดย

นายมังกร จำเนียรสุข


เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)
พ.ศ. 2552

มังกร จำเนียรสุข 2552: ผลของการออกกำลังกายระดับเบาช่วงเวลาเช้าและเย็นที่มีต่ออัตราการเผาผลาญไขมันในผู้ชายอ้วน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D. 85 หน้า

สิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่บนโลกได้รับอิทธิพลจากนาฬิกาชีวิตเป็นตัวควบคุมจังหวะและการเปลี่ยนแปลงของการทำงาน หรือการหลั่งสารเคมีต่าง ๆ ภายในร่างกาย โดยในแต่ละช่วงเวลาของวันการตอบสนองทางสรีรวิทยาของร่างกายมนุษย์มีความแตกต่างกันไป การศึกษาครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเผาผลาญไขมันและการใช้พลังงานของร่างกาย ขณะออกกำลังกายระดับเบาในผู้ชายอ้วน ระหว่างช่วงเวลาเช้า (6.00-7.30 น.) กับเย็น (18.00-19.30 น.) กลุ่มตัวอย่างคืออาสาสมัครที่เป็นบุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพศชาย มีปริมาณไขมันสะสมของร่างกายร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักตัว อายุ 40-60 ปี จำนวน 12 คน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2max$) ด้วยการปั่นจักรยานจนถึงระดับ 85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง หรือกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถปฏิบัติต่อไปได้ จากนั้น ทำการออกกำลังกายแบบความหนักของงานคงที่ด้วยการปั่นจักรยานวัดงาน ที่ความหนัก 40% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่อเนื่องนาน 30 นาที ใน 2 ช่วงเวลา พร้อมกับวัดค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต และอุณหภูมิของร่างกาย นำผลมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ pair t-test

ผลการวิจัยพบว่า อัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกายระหว่างช่วงเวลาเช้าไม่มีความแตกต่างกับช่วงเวลาเย็น (0.12±0.02 และ 0.11±0.02 กรัมต่อนาที ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่การออกกำลังกายในช่วงเย็นร่างกายมีอัตราการใช้พลังงานมากกว่าการออกกำลังกายในช่วงเช้า (5.76±0.40 และ 5.45±0.39 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การออกกำลังกายในช่วงเย็น ร่างกายมีอัตราเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทมากกว่าการออกกำลังกายในช่วงเช้า (1.20±0.12และ 1.09±0.12 กรัมต่อนาที ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ช่วงเวลาเย็นเป็นช่วงเวลาที่ร่างกายใช้พลังงานในการออกกำลังกาย และเผาผลาญสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรทมากกว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้า ส่วนอัตราการเผาผลาญไขมันไม่มีความแตกต่างกันระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Mangkorn Jamniansuk 2009: The Effect of Low Intensity Exercise in Morning and Evening on Fat Oxidation Rate in Obese Males. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Ratree Ruangthai, Ed.D. 85 pages.

Almost all livng organisms on the earth are influenced by biological clock for regulating various in biological rhythm and chemical secretion. Physiological response in humans has different time of day. The purpose of this study was to compare the fat oxidation rate and the energy expenditure during low intensity exercise in the morning (6.00-7.30 h.) and evening (8.00-19.30 h.) in obese males. Twelve male volunteers who work at Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, body fat 30-40 % and aged 40-60 years were recruited. All volunteers performed a sub-maximal exercise test on a cycle ergometer for estimating $VO_2$max. Then, volunteers were performed constance workload cycling exercise corresponding to 40 % of $VO_2$max for 30 min in two periods of the day. There were recorded oxygen uptake, heart rate, blood pressure, and body temperature during low intensity exercise. The results were analyzed by using pair t-test.

The result showed that the fat oxidation rate during low intensity of exercise was not significantly difference between the morning and evening (0.12±0.02 and 0.11±0.02 gram per minute, respectively), while energy expenditure and carbohydrate oxidation were significantly ($P<.05$) higher during exercise in the evening (5.76±0.40 and 5.45±0.39 kilocalorie per minute, 1.20±0.12 and 1.09±0.12 gram per minute, respectively). These findings suggest that energy expenditure and carbohydrate oxidation during exercise in the evening were higher than during exercise in the morning. However fat oxidation rate during low intensity of exercise was not significantly difference between the two periods of the day.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

# กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่มีความเมตตากรุณาได้ให้ความรู้ คำชี้แนะและแนวทางในการทำการวิจัย รวมถึงให้การสนับสนุนผู้วิจัยทุกวิถีทางอย่างเต็มที่ เพื่อให้มีงานวิจัยที่ส่งเสริมการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ และเป็นประโยชน์ต่อวงการวิทยาศาสตร์การกีฬาของประเทศไทย ขอกราบขอบพระคุณ ดร.อาภัสรา อัครพันธุ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้ความรู้ ชี้นำแนวทางในการศึกษา แนวทางในการวิจัย และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ มีคุณค่าทางวิชาการและเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษามากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ความสามารถ พร้อมทั้งอบรมสอนสั่งให้คำแนะนำในการศึกษาแก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณคณาจารย์ และบุคลากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้เห็นถึงความสำคัญของการออกกำลังกาย โดยให้ความร่วมมือและสมัครใจเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ช่วยสนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงานธุรการต่าง ๆ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบบูชาคุณ คุณพ่อโกมล และคุณแม่ชลิตา จำเนียรสุข บุพการีผู้ให้กำเนิด ที่คอยเป็นกำลังใจ อบรมเลี้ยงดู ให้การสนับสนุนและโอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัย ขอบคุณคุณนิรชา น้องสาวผู้น่ารัก ที่คอยห่วงใยกันอยู่เสมอ ขอบคุณเพื่อน ๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้อง คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยตลอดมา คุณประโยชน์ใด ๆ ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาทั้งหมด และที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ด้วย

มังกร จำเนียรสุข

มีนาคม 2552

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (3) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 6 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 31 |
| วิธีการ | 31 |
| อุปกรณ์ | 32 |
| ผลการวิจัยและวิจารณ์ | 40 |
| ผลการวิจัย | 40 |
| วิจารณ์ | 57 |
| สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 63 |
| สรุปผลการวิจัย | 63 |
| ข้อเสนอแนะ | 64 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 65 |
| ภาคผนวก | 70 |
| ภาคผนวก ก ตารางแสดงค่า RER caloric equivalent | 71 |
| ภาคผนวก ข เอกสารชี้แจงข้อมูล | 73 |
| ภาคผนวก ค ใบบันทึกการทดสอบ | 78 |
| ภาคผนวก ง การวัดอุณหภูมิของร่างกาย | 81 |
| ภาคผนวก จ การวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย | 83 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 85 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ค่าเฉลี่ย และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง | 41 |
| 2 | ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 42 |
| 3 | ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ขณะออกกำลังกาย 30 นาทีระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 48 |
| 4 | ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลรวมปริมาณการใช้พลังงาน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 54 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | กลไกในการหลั่งฮอร์โมนไทรอกซิน (thyroxine; $T_4$) ของร่างกาย | 17 |
| 2 | กลไกในการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) ของร่างกาย | 19 |
| 3 | กลไกในการหลั่งโกรทฮอร์โมน (growth hormone) ของร่างกาย | 21 |
| 4 | กลไกในการหลั่งฮอร์โมนกลูคากอน (glucagon) ของร่างกาย | 23 |
| 5 | กลไกในการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) ของร่างกาย | 25 |
| 6 | แสดงการตอบสนองทางสรีรวิทยาขณะพัก ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 46 |
| 7 | แสดงการตอบสนองทางสรีรวิทยาขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 52 |
| 8 | แสดงผลรวมปริมาณการใช้พลังงาน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรท ขณะออกกำลังกาย 30 นาที | 56 |
| 9 | แสดงค่าอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกายระดับเบา 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 60 |
| 10 | แสดงค่าร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกาย ขณะออกกำลังกายระดับเบา 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 61 |
| 11 | แสดงค่าร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกายระดับเบา 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 62 |
| 12 | แสดงค่าอัตราส่วนการหายใจขณะออกกำลังกายระดับเบา 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น | 62 |

# ผลของการออกกำลังกายระดับเบาช่วงเวลาเช้าและเย็นที่มีต่ออัตราการเผาผลาญไขมันในผู้ชายอ้วน

# The Effect of Low Intensity Exercise in Morning and Evening on Fat Oxidation Rate in Obese Males

## คำนำ

ปัจจุบันความล้ำหน้าทางเทคโนโลยีนั้นเป็นตัวแปรสำคัญที่ช่วยในการอำนวยความสะดวกสบายให้กับมนุษย์เป็นอย่างมาก ซึ่งความสะดวกสบายเหล่านี้เปรียบเสมือนดาบสองคม ด้านหนึ่งคือ ช่วยให้การใช้ชีวิตมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น สามารถตอบสนองต่อการบริโภคสิ่งต่าง ๆ ทุกด้าน เช่น ข่าวสาร เครื่องอำนวยความสะดวกสบาย สิ่งอุปโภคบริโภค ความบันเทิง และอื่น ๆ และความสะดวกสบายเหล่านี้อาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาภายหลัง นั่นคือ กิจกรรมในชีวิตประจำวันที่จะต้องมีการปฏิบัติลดน้อยลงไป เมื่อความต้องการในการบริโภคเพิ่มมากขึ้นแต่การทำงานหรือการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ มีการลดลง ส่งผลให้พลังงานของร่างกายเหลือใช้ และร่างกายจะมีการเก็บสะสมไว้เป็นพลังงานสำรอง ในรูปของไขมัน ซึ่งสุดท้ายก่อให้เกิดภาวะอ้วนหรือมีน้ำหนักตัวเกินตามมา นายแพทย์ณรงค์ศักดิ์ ได้กล่าวว่า ช่วง 18 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529-2547 พบว่าคนอ้วนเพิ่มขึ้นถึง 7.5 เท่า ภาพรวมคนไทยมีน้ำหนักเกินและอ้วนร้อยละ 34 หรือ 10 ล้านคน ในจำนวนคนอ้วนทั้งหมดนี้ พบว่าเกิดภาวะน้ำหนักเกินในช่วงอายุ 40-49 ปี อัตราชุกร้อยละ 14.2 รองลงมาเป็นช่วงอายุ 50-59 ปี และช่วงอายุ 30-39 ปี โดยแนวโน้มอัตราชุกของความอ้วนจะเพิ่มเมื่ออายุมากขึ้น นอกจากนั้นสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข พบว่าผู้มีน้ำหนักเกินจนถึงอ้วนมีมากที่สุดในวัยทำงาน และลดลงเมื่ออายุ 60 ปี ขึ้นไป ส่งผลให้ระยะเวลา 5 ปี จากปี 2544-2549 คนไทยป่วยเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวานเพิ่มขึ้น 2 เท่า และโรคมะเร็ง 1.5 เท่าแล้ว (มติชน, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับ พิชิต (2535) กล่าวว่า ภาวะโรคอ้วนเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคอื่น ๆ ตามมา เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง ข้อเสื่อม เบาหวาน ฮอร์โมนระบบสืบพันธุ์ผิดปกติ ไขมันในเลือดผิดปกติ ดังที่กล่าวมา เมื่อคนอ้วนหรือคนที่มีน้ำหนักตัวเกินเล็งเห็นและตระหนักถึงอันตรายที่เป็นผลมาจากความอ้วน ต่างสรรหาวิธีที่ช่วยในการลดปริมาณไขมันที่สะสมในร่างกายออกไป เช่น ออกกำลังกาย อดอาหาร ผ่าตัดเพื่อดูดไขมัน ฝังเข็มสลายไขมัน รับประทานอาหารเสริมหรือผลิตภัณฑ์ที่กล่าวอ้างว่ามีสรรพคุณในการลดน้ำหนัก อย่างไรก็ตามวิธีในการควบคุมน้ำหนักตัว มิให้เกินเกณฑ์ปกติประกอบด้วย 3 แนวทาง คือ 1) การปรับพฤติกรรม

การรับประทานอาหาร 2) ลดปริมาณพลังงานที่รับเข้าสู่ร่างกาย และ 3) เพิ่มปริมาณการใช้พลังงานของร่างกาย (Driskell, 2000)

การออกกำลังกายเพื่อลดน้ำหนักนั้นก็จะมีลักษณะของการออกกำลังกายที่มีความเฉพาะ คือ ต้องเป็นกิจกรรมที่มีความต่อเนื่อง มีความหนักปานกลาง ระยะเวลาในการปฏิบัตินาน แต่ไม่ได้คำนึงถึงช่วงเวลาที่ออกกำลังกาย ทั้งที่สิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกสามารถดำรงชีวิตอยู่บนโลกได้โดยมีนาฬิกาชีวิตเป็นตัวควบคุม เช่น มีช่วงกลางวันกลางคืน มีฤดูกาล สิ่งเหล่านี้เป็นตัวชี้วัดได้อย่างดีในการที่จะกล่าวว่า สิ่งมีชีวิตนั้นมีนาฬิกาของชีวิตหรือมีจังหวะของชีวิตในการดำรงชีวิตอยู่ ดังที่ Hedge (2007) กล่าวว่า “จังหวะของสิ่งมีชีวิต (biological rhythm) นั้นคือการเปลี่ยนแปลงของวงโคจรสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระดับการทำงาน หรือระดับสารเคมีต่าง ๆ ของร่างกาย และสามารถควบคุมได้จากสองส่วนคือ ควบคุมจากภายในร่างกาย เช่น วงรอบอุณหภูมิของร่างกาย และควบคุมได้จากภายนอกร่างกาย เช่น แสงอาทิตย์ การรับประทานอาหาร” โดยจังหวะของชีวิตจะมีผลต่อปริมาณการหลั่งฮอร์โมนของร่างกายที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงวัน เช่น ไทรอกซินจะเพิ่มขึ้นสูงสุดช่วงประมาณก่อนเที่ยงหรือช่วงเที่ยง และจะลดต่ำที่สุดช่วงเวลากลางคืน (Erhard, 2007) และความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอลในกระแสเลือดจะสูงที่สุดช่วงเช้าและจะลดลงต่ำสุดช่วงเวลาเที่ยงคืน (Rhoades and Pflanzer, 2003) นอกจากนี้ Kanaley *et al.* (2001) ยังพบว่าการออกกำลังกายช่วงเวลา 7.00 น.ร่างกายจะมีการหลั่งของฮอร์โมนคอร์ติซอลได้ดีที่สุด ซึ่งฮอร์โมนนี้มีความเกี่ยวข้องกับการควบคุมการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย ส่งเสริมให้มีการสลายไกลโคเจน ไขมัน และโปรตีน เพื่อเป็นการเพิ่มระดับกลูโคสในเลือด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแต่ละช่วงของวันอาจจะมีผลต่ออัตราการเผาผลาญปริมาณไขมันของร่างกาย เช่นเดียวกับ Deschenes *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อการออกกำลังกาย 4 ช่วงเวลา คือ 8.00 น. 12.00 น. 16.00 น. และ 20.00 น. พบว่า อัตราส่วนการหายใจขณะพัก (respiratory exchange ratio) ช่วงเวลา 8.00 น. มากกว่าช่วงเวลา 16.00 น. และ 20.00 น. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาถึงผลของช่วงเวลาของวันที่มีต่ออัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) และอัตราการใช้พลังงานของร่างกาย (energy expenditure) ขณะออกกำลังกายที่ระดับเบาในผู้ชายอ้วน เพื่อให้ทราบว่าช่วงเวลาใดที่ร่างกายสามารถเผาผลาญพลังงานหรือไขมันได้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อนำผลวิจัยไปใช้เป็นแนวทางปฏิบัติให้กับกลุ่มบุคคลที่มีความสนใจที่จะออกกำลังกายเพื่อเผาผลาญไขมันและพลังงานต่อไป

## วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราการเผาผลาญไขมัน และอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกายระดับเบาในผู้ชายอ้วน ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

2. เพื่อหาค่าความแตกต่างของอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกายระดับเบาในผู้ชายอ้วน ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

3. เพื่อหาค่าความแตกต่างของอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกายระดับเบาในผู้ชายอ้วน ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

## สมมุติฐาน

1. อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกาย ขณะออกกำลังกายระดับเบาระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็นมีความแตกต่างกัน

2. อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย ขณะออกกำลังกายระดับเบาระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็นมีความแตกต่างกัน

## ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพื่อให้ทราบว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาใดมีความเหมาะสม และสามารถช่วยให้ร่างกายเผาผลาญพลังงานและไขมันได้มากที่สุด

2. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจ และต้องการศึกษาค้นคว้า วิจัย ทดลอง เกี่ยวกับการออกกำลังกายในแต่ละช่วงเวลา

## ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ บุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพศชาย มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกาย ร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักตัว อายุระหว่าง 40-60 ปี และเป็นผู้ที่ไม่มีการบาดเจ็บ หรือโรคประจำตัวที่มีผลต่อการออกกำลังกาย เช่น โรคหลอดเลือดและหัวใจ ความผิดปกติของฮอร์โมน ปวดเข่าเรื้อรัง ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย เป็นต้น

2. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาผลของช่วงเวลาของวันที่มีต่อการเผาผลาญไขมัน ในขณะออกกำลังกายที่ระดับเบาในผู้ชายอ้วน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือ ช่วงเวลาของการออกกำลังกาย แบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่

- การออกกำลังกายที่ความหนักระดับเบา ในช่วงเวลา 6.00 -7.30 น.
- การออกกำลังกายที่ความหนักระดับเบา ในช่วงเวลา 18.00 –19.30 น.

ตัวแปรตาม (dependent variable) คือ อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญไขมัน ในขณะออกกำลังกายระดับเบา

## ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ อาสาสมัครที่เป็นบุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพศชาย มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกาย ร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักตัว และมีอายุระหว่าง 40-60 ปี จำนวน 12 คน

2. การวิจัยครั้งนี้ควบคุมอุณหภูมิห้องในการออกกำลังกายไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส

3. ผู้เข้าร่วมทดสอบต้องไม่รับประทานอาหาร ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 5 ชั่วโมง

4. ผู้เข้าร่วมทดสอบต้องไม่ออกกำลังกายอย่างหนัก หรือดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

5. การทดสอบแต่ละครั้งจะเว้นระยะเวลาห่างจากการทดสอบครั้งต่อไปอย่างน้อย 4 วัน

6. ผู้เข้าร่วมทดสอบต้องนอนหลับในคืนก่อนการทดสอบอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

**นิยามศัพท์**

ผู้ชายอ้วน หมายถึง ผู้ชายที่มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกาย ร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักตัว

ช่วงเวลาเช้า หมายถึง หมายถึงช่วงเวลา 6.00-7.30 น.

ช่วงเวลาเย็น หมายถึง หมายถึงช่วงเวลา 18.00-19.30 น.

อัตราการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกาย (exercise fat oxidation rate) คือ อัตราการสันดาปไขมันเป็นพลังงานในขณะที่มีการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายระดับเบา (low intensity exercise) หมายถึง การออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที ที่ความหนักของงานเทียบเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

# การตรวจเอกสาร

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับผลของช่วงเวลาของวันที่มีต่ออัตราการเผาผลาญไขมันทั้งในขณะพักและขณะออกกำลังกายที่ระดับต่ำกว่าสูงสุดในผู้ชายอ้วน โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความอ้วน

2. นาฬิกาชีวภาพ

3. ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับเมตะบอลิซึมของร่างกาย

4. ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนและเมตะบอลิซึมของร่างกาย

5. ผลของช่วงเวลาของวันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนและเมตะบอลิซึมของร่างกาย

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความอ้วน

## ความหมายและชนิดของความอ้วน

โรคอ้วน (obesity) หมายถึง โรคที่มีปริมาณไขมันในร่างกายมากกว่าปกติ และเป็นโรคเรื้อรังที่มีผลกระทบต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ผู้ที่มีอุบัติการณ์ของโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ ความผิดปกติของไลโปโปรตีน และโรคนิ่วในถุงน้ำดีสูงกว่าคนปกติ (วิชัย และ ปรียา, 2537) นอกจากนี้ McArdle *et.al* (2001) ได้อธิบายความหมายของโรคอ้วน (obesity) ว่า หมายถึง บุคคลที่มีปริมาณไขมันในร่างกายมากเกินปกติ และมีความต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งพีระพงศ์ (2541) ได้จำแนกความอ้วนออกตามลักษณะการเกาะตัวของไขมันตามอวัยวะต่าง ๆ ดังนี้

1. แอนดรอยด์ (android obesity) หมายถึง ความอ้วนที่มักเกิดกับเพศชาย ปริมาณไขมันมักจะเกาะตัวอยู่ตามบริเวณศีรษะ คอ และตอนบนของลำตัว ถ้าไขมันมีมากก็จะเกาะอยู่ตามกล้ามเนื้อบริเวณหน้าท้องหรือบริเวณเยื่อหุ้มอวัยวะในช่องท้อง

2. ไกนอยด์ (gynoid obesity) หมายถึง ลักษณะความอ้วนที่มักเกิดกับเพศหญิง ปริมาณไขมันมักจะเกาะตัวตามบริเวณสะโพก หน้า และเต้านม

## สาเหตุของความอ้วน

พีระพงศ์ (2541) ได้สรุปสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดภาวะความอ้วนไว้ดังต่อไปนี้

1. เกิดจากกรรมพันธุ์ เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่ากรรมพันธุ์มีความสัมพันธ์กับเรื่องของความอ้วน แต่ยังไม่มีหลักฐานยืนยันแน่นอนว่ากรรมพันธุ์มีส่วนเกี่ยวข้องกับความอ้วนมากน้อยเพียงใด

2. เกิดจากการทำงานผิดปกติของต่อมไร้ท่อ โดยปกติต่อมไร้ท่อต่าง ๆ ในร่างกายทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนเพื่อควบคุมสภาวะการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ตลอดจนกระบวนการ การสร้าง

พลังงานของร่างกายเพื่อควบคุมกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร ต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องกับความอ้วนคือ ต่อมไร้ท่อที่ผลิตฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างพลังงานดังต่อไปนี้

2.1 ต่อมไทรอยด์ เป็นต่อมที่อยู่ในตำแหน่งข้างกล่องเสียงบริเวณภายในลำคอ ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนไทรอกซิน ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกาย

2.2 ต่อมปิตูอิตารีย์ เป็นต่อมไร้ท่อที่อยู่ในตำแหน่งใต้สมอง ผลิตฮอร์โมนที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของร่างกาย (growth hormone) ซึ่งเป็นตัวทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกายให้เป็นไปตามลำดับขั้น

2.3 ต่อมไร้ท่อในตับอ่อน เป็นต่อมไร้ท่อที่อยู่ในตับอ่อนซึ่งจะผลิตฮอร์โมนอยู่สองตัว คือ ฮอร์โมนอินซูลิน เพื่อทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำตาลในกระแสเลือด โดยจะเป็นตัวเปลี่ยนกลูโคสในกระแสเลือดที่มีจำนวนเกินปกติให้เก็บไว้ในรูปของไกลโคเจน (glycogen) ที่ตับและกล้ามเนื้อ ส่วนฮอร์โมนกลูคากอน ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไกลโคเจนให้เป็นกลูโคส (glucose) เมื่อภาวะของกลูโคสในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติ

2.4 ต่อมหมวกไต ทำหน้าที่ในการผลิตฮอร์โมนหลายตัวเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ในระบบร่างกาย ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับภาวะความอ้วน คือ ฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรนซึ่งทำหน้าที่ควบคุมระดับการเผาผลาญอาหารคาร์โบไฮเดรต

3. เกิดจากการขาดการออกกำลังกาย จากสภาพร่างกายทั่วไปที่มีการบริโภคอาหารปกติเพื่อการสร้างพลังงานแต่พลังงานไม่ได้ถูกใช้อย่างสมดุล ทำให้สารอาหารที่จะสร้างพลังงานเหลือเก็บไว้ ทำให้เกิดการพอกพูนไขมันตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและอวัยวะต่าง ๆ

5. เกิดจากการบริโภคอาหารเกินความต้องการ เนื่องจากร่างกายไม่มีการใช้พลังงานเต็มที่ ดังนั้นอาหารที่บริโภคเข้าไปจึงไม่ถูกสัดส่วนอาหารเกินความต้องการนั้น อาจจะเกิดจากสุขนิสัยในการบริโภคหรือมีพฤติกรรมการบริโภคเกิดภาวะการบริโภคเกินความต้องการของร่างกาย

6. เกิดจากสาเหตุอื่น ๆ สาเหตุอื่น ๆ ในที่นี้หมายถึงภาวการณ์ทางสภาพแวดล้อม ลักษณะโครงร่าง การใช้ยา อุปนิสัย เป็นต้น

นอกจากนั้น Pollock and Wilmore (1990) ได้เสนอแนะว่า ภาวะโภชนาการของแต่ละบุคคลนั้น เป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดโรคอ้วนได้ กล่าวคือ บุคคลนั้นจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปริมาณแคลลอรี่ทั้งหมดที่รับประทานเข้าไปในแต่ละวัน สัดส่วนของสารอาหารที่รับประทานเข้าไป การรับประทานอาหารที่มีความหลากหลาย ปริมาณและความถี่ของมื้ออาหาร จากการศึกษาพบว่าการแบ่งมื้ออาหารให้มีขนาดเล็กลงแต่มีความถี่ในการรับประทานมากขึ้นส่งผลต่อขนาดเนื้อเยื่อไขมันน้อยกว่า การรับประทานอาหารมื้อใหญ่ ๆ

**ผลร้ายของโรคอ้วนต่อสุขภาพ**

จากภาวะของร่างกายที่เกิดจากความอ้วนอาจทำให้ความต้านทานโรคต่ำลง และมักเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคต่าง ๆ และเกิดภาวะโรคแทรกซ้อนได้ง่าย จากการศึกษาวิจัยทางการแพทย์ พบว่า คนอ้วนจะมีผลเสียหรือเกิดโรคต่าง ๆ ดังนี้ (พิชิต, 2535)

1. อัตราการตาย จากข้อมูลทางสถิติของบริษัทประกันชีวิตในสหรัฐอเมริกา พบว่า คนอ้วนซึ่งมีน้ำหนักตัวสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีอัตราการตายสูงขึ้น โดยอัตราการตายสำหรับคนอ้วนชายจะเป็น 1.5 เท่าของชายในระดับอายุเท่ากัน และ 1.42 เท่าในหญิงอ้วนเมื่อเปรียบเทียบกับหญิงอายุเท่ากัน ที่มีน้ำหนักปกติ อัตรานี้จะเพิ่มมากขึ้นถึง 1.79 เท่าสำหรับคนที่อ้วนมาก ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับ คนน้ำหนักปกติ ในทางกลับกันอัตราการตายจะน้อยที่สุดในคนที่มีน้ำหนักตัวต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายถึงอายุจะยืนขึ้นถ้าลดน้ำหนักตัวลง

2. โรคความดันโลหิตสูง จากการศึกษาเจ้าหน้าที่ในกองทัพของสหรัฐอเมริกาพบว่า คนอ้วนจะเป็นโรคความดันโลหิตสูงมากกว่าคนปกติ 2.5 เท่า และผลของความดันโลหิตสูงจะนำไปสู่การเกิดโรคหลอดเลือดต่าง ๆ เช่นโรคหลอดเลือดหัวใจหรือสมอง หรือไต เป็นต้น และกว่า 50 เปอร์เซ็นต์จะหายเป็นปกติเมื่อน้ำหนักตัวลดลง

3. โรคหลอดเลือดหัวใจ จะพบมากในคนอ้วนมักมีอาการเตือน เช่น เจ็บหน้าอกเป็นระยะ

4. โรคเบาหวาน จะพบในคนอ้วนมากกว่าคนผอม ในคนอ้วนเนื่องจากมีเยื่อมันมากทำให้ความต้องการใช้ฮอร์โมนอินซูลินเพิ่มมากขึ้น จนเกินกำลังของตับอ่อนและเกิดเป็นโรคเบาหวานได้ โดยเฉพาะผู้ที่มีแนวโน้มทางพันธุกรรมหรือไม่ได้ควบคุมอาหารเลย

5. โรคถุงน้ำดี นิ่วในถุงน้ำดี คนอ้วนมีการหมุนเวียนคลอเลสเตอรอลมาก ทำให้ความเข้มข้นของคลอเลสเตอรอลในน้ำดีสูง จะทำให้ตกตะกอนเป็นนิ่วในถุงน้ำดี

6. โรคนิ่วในไตและโรคมะเร็งบางชนิด ได้แก่ โรคมะเร็งในมดลูก มะเร็งรังไข่และมะเร็งเต้านมในเพศหญิง และมะเร็งลำไส้ใหญ่ในเพศชาย

7. ระบบหายใจ ในคนอ้วนการทำงานของระบบหายใจจะเสื่อมลง ทำงานได้ไม่เต็มที่

8. ระบบสืบพันธุ์ จะมีการหลั่งฮอร์โมนผิดปกติ ประจำเดือนมาไม่สม่ำเสมอ ติดลูกยาก หรือเป็นหมันได้ง่าย

9. โรคไขข้อ อันเนื่องมาจากน้ำหนักตัวมากเกินไป โดยเฉพาะข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก

10. ปัญหาทางจิต อาจเป็นปมด้อยของคนอ้วนที่จะทำอะไรไม่ทันคนอื่น อาจถูกล้อเลียนต่าง ๆ นานา นานวันเข้าจะกลายเป็นคนที่ไม่กล้าแสดงออก

**การรักษาโรคอ้วน**

การเพิ่มหรือลดน้ำหนักตัวนั้นจะขึ้นอยู่กับสมดุลพลังงาน (energy balance) โดยการลดน้ำหนักตัวจะต้องมีสมดุลพลังงานเป็นลบ ในทางกลับกันการเพิ่มน้ำหนักตัวจะต้องมีสมดุลพลังงานเป็นบวก ซึ่งสมดุลพลังงานของร่างกายขึ้นกับปัจจัย 2 ประการ ประการแรกคือ พลังงานที่รับเข้าสู่ร่างกาย (energy intake) ซึ่งครอบคลุมทั้งปริมาณพลังงานทั้งหมดที่รับประทาน (total energy intake) และสัดส่วนของพลังงาน (energy distribution) ที่ได้รับนั้นมาจากโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตอย่างละเท่าใด ประการที่สองคือ พลังงานที่ร่างกายนำไปใช้ (energy expenditure) ซึ่งประกอบด้วย อัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน (basal metabolic rate; BMR) ผลความร้อนของอาหาร (thermic effect of food) และพลังงานที่นำไปใช้กับการทำงานและการออกกำลังกาย (physical activity) สำหรับปัจจัยที่ควบคุมดุลพลังงานนั้นมีทั้งพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม (วิชัย และ ปรียา, 2537)

การลดความอ้วนหรือการลดน้ำหนักตัว หมายถึง การลดปริมาณไขมันในร่างกายที่มีมากเกินความต้องการของร่างกาย หลักการของการลดปริมาณไขมันนั้นคือ การลดพลังงานที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายให้น้อยกว่าปริมาณพลังงานที่ร่างกายต้องใช้ในแต่ละวัน กล่าวคือ การทำให้ร่างกายมีสมดุลพลังงานเป็นลบ ตัวอย่างเช่น รับประทานอาหารให้น้อยลง หรือออกกำลังกายให้มากขึ้น และเมื่อใดที่ร่างกายมีสมดุลพลังงานเป็นลบถึง 3,500 แคลอรี ก็จะลดปริมาณไขมันในร่างกายได้ 1 ปอนด์ หรือ 0.45 กิโลกรัมทั้งในหญิงและชาย (พิชิต, 2535)

Plowman and Denise (2003) กล่าวว่า พลังงานที่รับเข้าสู่ร่างกาย และพลังงานที่ร่างกายใช้ออกไปนั้นสามารถแบ่งออกเป็น พลังงานที่รับเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ อาหารหรือเครื่องดื่มที่รับประทานเข้าไป ส่วนพลังงานที่ร่างกายใช้ออกไป ได้แก่ อัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน (basal metabolic rate) การผลิตความร้อนของร่างกาย (thermogenesis) การเผาผลาญพลังงานที่เกิดจากการทำงานหรือออกกำลังกาย และพลังงานที่ใช้ในการขับถ่ายของเสีย

ดังนั้นสิ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนเพื่อปรับสมดุลพลังงานให้เป็นลบ (negative energy balance) คือ ลดพลังงานที่รับเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ อาหารหรือเครื่องดื่มที่รับประทานเข้าไป และเพิ่มพลังงานที่ร่างกายใช้ออกไป ได้แก่ การเผาผลาญพลังงานที่เกิดจากการทำงานหรือออกกำลังกาย ซึ่งสอดคล้องกับ American College of Sports Medicine (ACSM, 2006) ได้เสนอแนะองค์ประกอบในการการควบคุมน้ำหนัก หรือลดน้ำหนักอย่างมีประสิทธิภาพไว้ว่าประกอบด้วย

1. การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและลักษณะการใช้ (behavior change) เป็นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและลักษณะการใช้ชีวิต โดยเน้นความสำคัญไปที่ควบคุมพฤติกรรมการรับประทานและการออกกำลังกายในยามว่าง

2. การออกกำลังกาย (exercise) การออกกำลังกายเป็นหลักสำคัญในการลดน้ำหนักหรือควบคุมน้ำหนัก ความสม่ำเสมอ การยึดมั่น และความสนุกสนานในการออกกำลังกายมีความสำคัญมากกว่าความหนัก หรือรูปแบบการออกกำลังกาย

3. อาหารที่รับประทาน (nutrition) การลดปริมาณพลังงานที่รับเข้าสู่ร่างกายเพื่อปรับสมดุลพลังงานให้เป็นลบนั้น จำเป็นต้องมีเครื่องบ่งชี้ถึงพลังงานเข้าสู่ร่างกาย เช่น การนับ

ปริมาณแคลอรี่ที่รับเข้าสู่ร่างกายจากอาหารที่รับประทานเข้าไป โดยสังเกตจากชนิดและปริมาณของอาหาร ว่าให้พลังงานจำนวนเท่าใด

4. ความสมบูรณ์ของสารอาหารที่ได้รับ (adequate nutrition) การที่ร่างกายขาดสารอาหารในระหว่างที่ลดน้ำหนักนั้นอาจก่อให้เกิดอันตรายได้

โรคอ้วนนั้นคือ โรคที่มีปริมาณไขมันในร่างกายมากกว่าปกติ โดยอาจเป็นผลมาจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น เกิดจากกรรมพันธุ์ การทำงานผิดปกติของต่อมไร้ท่อ ขาดการออกกำลังกาย การบริโภคอาหารเกินความต้องการ และอื่น ๆ ซึ่งผลที่ตามมาจากโรคอ้วนนั้น มีแต่จะก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย สุขภาพ และก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ตามมาภายหลัง เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ข้อเสื่อม เป็นต้น โรคต่าง ๆ เหล่านี้สามารถที่จะรบกวนการใช้ชีวิตให้ลำบาก ทุกข์ทรมานมากจนกระทั่งอาจจะคร่าชีวิตของผู้ที่เป็นโรคดังกล่าวได้ ดังนั้นผู้ที่มีภาวะอ้วนจึงจำเป็นที่จะต้องหาทางจัดการกับไขมันส่วนเกินของร่างกายให้ได้ ซึ่งประเด็นสำคัญในการจัดการกับไขมันส่วนเกินของร่างกายคือ การควบคุมพลังงานที่ได้รับให้น้อยกว่าพลังงานที่ถูกใช้ออกไป ซึ่งวิธีการในการจัดการกับไขมันส่วนเกินนั้นมีหลายวิธีแต่วิธีที่ดีและช่วยส่งเสริมให้สุขภาพแข็งแรงได้ คือ การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

## นาฬิการชีวภาพ

การหมุนรอบตัวเองของโลกนั้นใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เกิดสิ่งแวดล้อม 2 รูปแบบ คือ ช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน จังหวะเหล่านี้รู้จักกันในนาม circadian rhythms (Janardan, n.d.) วงจรการหลับตื่นเป็นจังหวะที่เกิดภายในร่างกายที่เป็นวงจรตามการหมุนของโลกในรอบหนึ่งวัน (circadian rhythms) เชื่อว่านาฬิกาชีวภาพ (biological clock) ภายในคน ซึ่งมีมาแต่กำเนิด สามารถคงจังหวะด้วยตัวเองได้ และอาจเปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อม (กนกวรรณ, 2544) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิดถูกควบคุมด้วยนาฬิกาชีวภาพที่อยู่ในบริเวณเฉพาะของสมอง ซึ่งก่อให้เกิดการควบคุมกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ มากมาย เช่น ความดันโลหิต อัตราการเต้นหัวใจ การหลั่งฮอร์โมน การสันดาปพลังงานของร่างกาย และอุณหภูมิร่างกาย ซึ่งแต่ละกระบวนการต่าง ๆ นั้นได้รับอิทธิพลมาจากช่วงเวลาของวัน (Gluck, 2004)

**สาเหตุการเกิดนาฬิกาชีวภาพ**

Reilly *et al.* (1997) กล่าวว่า สาเหตุในการกำหนดจังหวะการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตสามารถอธิบายได้ 2 ลักษณะคือ

1. วงจรการตอบสนอง (feedback loops) เป็นรูปแบบทั่ว ๆ ไปที่พบเห็นบ่อย ๆ ที่ซึ่งร่างกายควบคุมการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เพื่อที่จะให้ร่างกายมีสุขภาพที่ปกติสมบูรณ์ดี การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายเป็นกระบวนการที่สามารถอธิบายให้เห็นได้อย่างชัดเจน ในกรณีที่อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น ร่างกายจะมีกระบวนการระบายความร้อนออกจากร่างกาย เช่น การขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณผิวหนัง หรือการหลั่งเหงื่อ ผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้อุณหภูมิร่างกายลดต่ำลง และในทางตรงกันข้าม ถ้าอุณหภูมิร่างกายลดต่ำลง ร่างกายจะมีกระบวนการในการเพิ่มอุณหภูมิโดยทำให้หลอดเลือดบริเวณผิวหนังมีการหดตัว หรือมีอาการสั่น เพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกาย

2. นาฬิกาของร่างกาย หรือนาฬิกาชีวภาพ (bodyclock or biological clock) คือ เซลล์ หรือกลุ่มเซลล์ที่เป็นตัวกำหนดจังหวะ เช่น เซลล์กำหนดจังหวะของกล้ามเนื้อหัวใจ หรือ suprachiasmatic nucleus (SCN) ที่อยู่ในไฮโปธาลามัส ซึ่งสอดคล้องกับ Sherwood (2007) ที่กล่าวว่า มนุษย์เรานั้นเหมือนกับมีนาฬิกาชีวิตที่ใช้ควบคุมการทำงานระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวกำหนดนาฬิกาชีวิตนั้นคือ SCN ที่เป็นส่วนหนึ่งของตัวเซลล์ประสาทในไฮโปธาลามัส ซึ่งเป็นจุดที่เส้นประสาทจากดวงตาแต่ละข้างมาตัดกันเพื่อส่งผ่านไปยังสมองด้านตรงข้ามกับดวงตา โดย SCN เป็นกลุ่มก้อนเซลล์ประสาทประมาณ 10,000 เซลล์ ซึ่งอยู่ด้านหลังของดวงตาประมาณ 3 เซนติเมตร (Hastings, 1998)

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของ SCN และสามารถอธิบายการทำงานของ SCN ได้ว่า พันธุกรรมตั้งต้นที่เฉพาะเจาะจง (specific self-starting) ภายในนิวเคลียสของ SCN ได้มีการกำหนดรูปแบบในการสังเคราะห์ Clock Proteins (CP) ภายในไซโตซอลรอบ ๆ นิวเคลียส เมื่อเวลาผ่านไป CP จะมีการสะสมไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดหนึ่งโปรตีนเหล่านั้นจะเคลื่อนตัวเข้าสู่นิวเคลียส และจะทำการปิดกั้นกระบวนการผลิตพันธุกรรมที่เป็นปกติของร่างกาย จากนั้นระดับของ CP จะค่อย ๆ ลดลงจนสลายไปในนิวเคลียส จึงทำให้อิทธิพลในการยับยั้งของ CP หมดลง และเป็นวัฏจักรแบบนี้ไปเรื่อย ๆ แต่ละรอบของวัฏจักรใช้เวลาประมาณ 1 วัน

หรือ 25 ชั่วโมง ดังนั้น SCN จะถูกตั้งใหม่ทุกวันโดยอาศัยสัญญาณจากสิ่งแวดล้อมภายนอก และระดับกิจกรรมของบุคคลนั้น (Sherwood, 2007)

**ตำแหน่งของนาฬิกาชีวภาพ**

Reilly *et al.* (1997) ได้กล่าวว่า ตำแหน่งที่เป็นตัวกำหนดจังหวะของนาฬิกาชีวภาพนั้นมี 2 ตำแหน่ง ได้แก่

1. ต่อมไพเนียล (pineal grand) เป็นต่อมที่อยู่ในสมองส่วนกลาง และเป็นต่อมที่หลั่งฮอร์โมนเมลาโทนิน (melatonin) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการกำหนด และควบคุมเวลาของร่างกาย ในนก และสัตว์อื่น ๆ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้อย่างดี เช่น ในการอพยพย้ายถิ่นฐาน หรือการมีฤดูกาลผสมพันธุ์

2. ตัวกำหนดเวลา (Zeitgebers) ซึ่งองค์ประกอบหลัก คือ SCN และต่อมไพเนียล ซึ่งจะทำงานร่วมกัน สอดคล้องกับ Sherwood (2007) ที่กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงจะเป็นปัจจัยหลักในการส่งสัญญาณให้มีการปรับ SCN โดยเฉพาะรีเซ็ปเตอร์รับภาพ (photoreceptors) ภายในเรตินาที่จับและแปลงสัญญาณแสงเพื่อส่งไปยัง SCN รีเซ็ปเตอร์รับภาพเหล่านี้มีความแตกต่างไปจากรีเซ็ปเตอร์โรดส์ (rods) และโคนส์ (cones) ที่จะใช้ในการรับรู้หรือมองเห็นแสง ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์พบว่า เมลานอปซิน (melanopsin) เป็นโปรตีนที่พบเฉพาะในเซลล์ปมประสาทของเรตินา (retinal ganglion cell) จะเป็นตัวรับแสงที่เข้ามาจากรีเซ็ปเตอร์โรดส์และโคนส์ ปลายปมประสาทเหล่านี้จะส่งกระแสประสาทจากเส้นประสาทการมองเห็น (optic nerve) ไปยังสมองส่วนที่รับภาพ (visual cortex) ภายในสมองส่วนท้าย (occipital lobe) การจับแสงของเซลล์ปมประสาทของเรตินาจะส่งสัญญาณผ่านส่วนเชื่อมต่อระหว่างเรตินากับไฮโปธาลามัส (retino-hypothalamic tract) ไปยัง SCN และช่วยปรับให้นาฬิการชีวภาพภายในร่างกายของคนเราให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก

นอกจากนั้น Janardan (n.d.) พบว่าเมื่อ SCN ได้รับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง ในลักษณะที่ความเข้มน้อยจะส่งสัญญาณต่อไปยังต่อมไพเนียล และทำการผลิตฮอร์โมนที่เรียกว่า เมลาโทนิน ซึ่งเมลาโทนินจะถูกสังเคราะห์ขึ้นจาก 5-Hydroxy tryptamine (serotonin) ถูกเร่งปฏิกิริยาทางเคมีด้วยเอนไซม์ N- Acetyl Transferase ในช่วงเวลากลางคืนหรือเวลาที่ได้มีการ

นอนหลับพักผ่อนความเข้มข้นของเมลาโทนินในกระแสเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งประมาณ 4.00 น. ความเข้มข้นของเมลาโทนินในกระแสเลือดจะเริ่มลดลง จนกลับเข้าสู่ระดับปกติประมาณ 6.00-8.00 น. ความเข้มข้นของระดับเมลาโทนินจะค่อนข้างคงที่ไปตลอดวัน และจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อประมาณ 22.00 น.รูปแบบการเพิ่มหรือลดของ การหลั่งเมลาโทนินนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแสงจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่ง Kacsoh (2000) ได้กล่าวว่า เมลาโทนินจะส่งเสริมให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (cardiovascular output) ลดลง ความตื่นตัวของร่างกายลดลง อุณหภูมิร่างกายลดลง โดยในช่วงเวลากลางวันเมลาโทนิน มีการหลั่งลดน้อยลง ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้มีการเพิ่มการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง และฮอร์โมนจากไฮโปธาลามัส ดังนั้นจึงทำให้มีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมทางกาย ความสามารถทางกาย และระดับสภาวะทางอารมณ์

**ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับเมตะบอลิซึมของร่างกาย**

ระบบต่อมไร้ท่อเป็นระบบที่ทำหน้าที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดขึ้นในร่างกายโดยทั่วไป คือ เกี่ยวข้องกับเมตะบอลิซึม ต่าง ๆ ในร่างกาย ควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีภายในเซลล์หรือการขนส่งสารบางอย่างผ่านเข้าออกทางเยื่อหุ้มเซลล์รวมทั้งเมตะบอลิซึมของเซลล์ในลักษณะอื่น ๆ ด้วย เช่นการเจริญเติบโต (growth) การใช้พลังงาน การตอบสนองต่อความเครียด ตลอดจนการสืบพันธุ์ (reproduction) ต่อมไร้ท่อในร่างกายจะขับสารออกมาภายในร่างกาย (internal secretion) ซึ่งเป็นสารเคมีที่เรียกว่า ฮอร์โมน (hormone) สารเคมีนี้เมื่อถูกผลิตออกมาจะซึมเข้าสู่กระแสเลือด ไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และควบคุมหรือแสดงฤทธิ์ต่อเซลล์ อวัยวะหรือระบบต่าง ๆ แตกต่างกันไปตามหน้าที่ของฮอร์โมนนั้น (รำแพน, 2541) นอกจากนั้น Silverthorn (2007) ได้เสนอแนะว่า ฮอร์โมนที่มีอิทธิพลต่อการสันดาปพลังงานของร่างกายมีอยู่ 2 กลุ่ม คือ ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตชั้นเปลือก (คอร์ติซอล) และฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ ฮอร์โมนเหล่านั้น ได้แก่ ฮอร์โมนไทรอกซิน (thyroxine hormone) ฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol hormone) โกรทฮอร์โมน (growth hormone) ฮอร์โมนกลูคากอน (glucagons hormone) ฮอร์โมนอินซูลิน (insulin hormone)

**ฮอร์โมนไทรอกซิน (thyroxine hormone)**

ฮอร์โมนไทรอกซิน ถูกผลิตโดยต่อมไทรอยด์ ซึ่งเป็นต่อมที่มีลักษณะคล้ายรูปผีเสื้อที่อยู่บริเวณหน้าหลอดคอ ต่ำกว่ากล่องเสียงและทางด้านข้างของหลอดลม (Marieb, 2002) โดยวิภา (2545) กล่าวว่า ฮอร์โมนไทรอกซินนี้มีความสำคัญมากต่อเมตะบอลิซึมของร่างกายโดยทั่วไป ตลอดจนการตอบสนองของร่างกายต่อฮอร์โมนต่าง ๆ ดังนี้

1. ฮอร์โมนไทรอกซินเป็นฮอร์โมนที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายทั่วไป เป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อทั่วไป การเสริมสร้างกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหว กระตุ้นให้เซลล์สร้างโปรตีน

2. มีผลต่อเมตะบอลิซึมดังนี้

2.1 การผลิตความร้อนและการใช้ออกซิเจน มีผลเป็น calorigenic action คือควบคุมอัตราการเผาผลาญสารอาหารต่าง ๆ ในร่างกาย

2.2 เมตะบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตมีผลกระตุ้นการสร้างกลูโคส (gluconeogenesis) การดูดซึมน้ำตาลกลูโคส เร่งขบวนการสลายไกลโคเจนเป็นกลูโคส (glycogenolysis)

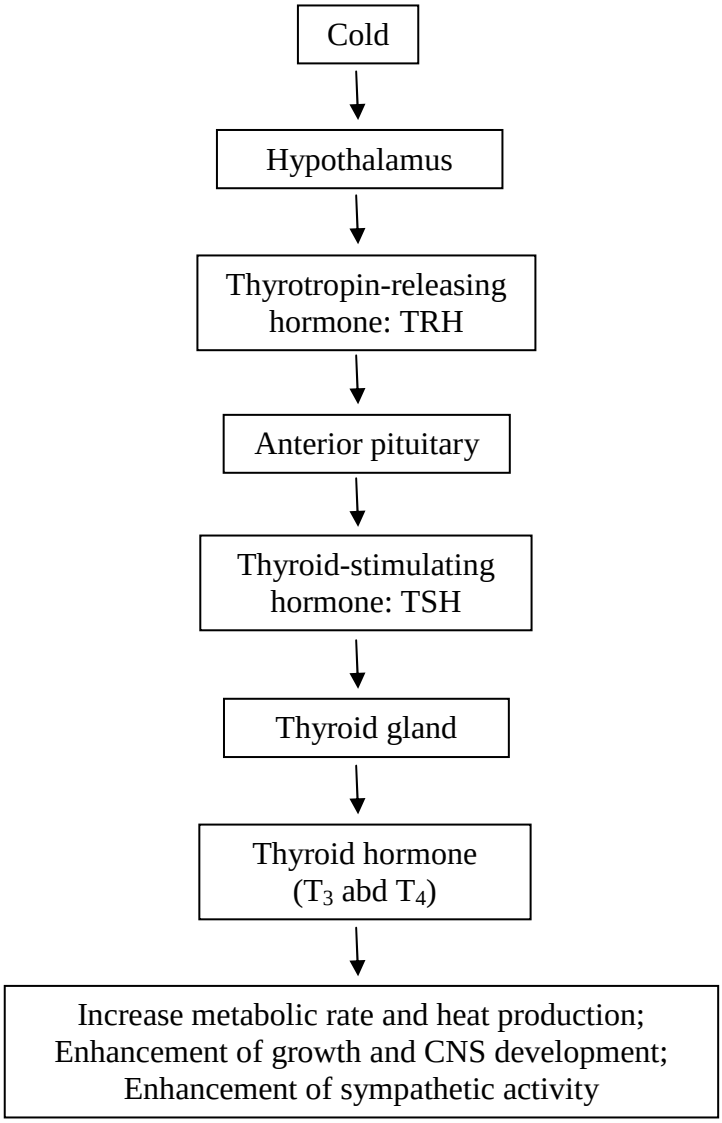
2.3 เมตะบอลิซึมของไขมัน ลดการสร้างไขมันและคลอเลสเตอรอลในเลือด เพิ่มการแตกสลายของไขมัน (lipolysis)

2.4 เมตะบอลิซึมของโปรตีน ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนกรดอะมิโนให้เป็นกลูโคส

3. ช่วยทำให้การแลกเปลี่ยนน้ำ เกลือแร่และอื่น ๆ เป็นไปอย่างปกติ

Sherwood (2007) กล่าวว่า เมื่อร่างกายมีอุณหภูมิลดต่ำกว่าปกติไฮโปธาลามัสจะถูกกระตุ้นให้เพิ่มการหลั่ง Thyrotropin-releasing hormone (TRH) เพื่อที่จะกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่ง Thyroid-stimulating hormone (TSH) จากนั้น TSH จะไปกระตุ้นให้ต่อมไทรอยด์ผลิต

ฮอร์โมนไทรอกซินเพื่อเพิ่มการเผาผลาญพลังงานของร่างกายซึ่งจะส่งผลให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** กลไกในการหลั่งฮอร์โมนไทรอกซิน (thyroxine; $T_4$) ของร่างกาย

**ที่มา:** Sherwood (2007)

**ฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol hormone)**

ฮอร์โมนคอร์ติซอลถูกผลิตจากต่อมหมวกไตส่วนนอก ต่อมหมวกไตนั้นอยู่ข้างบนและข้างหน้าที่ปลายบนของไตทั้งสองข้าง ต่อมนี้มี Capsule บาง ๆ ที่ทำด้วย Fibrous tissue หุ้มอยู่รอบ (รำแพน, 2541) ฮอร์โมนคอร์ติซอล มีความเกี่ยวข้องกับเมตะบอลิซึมของน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น และมีผลต่อโปรตีนและไขมันด้วย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (วิภา, 2545)

1. ทำให้เกิดการเผาผลาญสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรท ลดการใช้กลูโคสที่เนื้อเยื่อต่าง ๆ เช่น กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อไขมัน กระตุ้นเซลล์ใช้โปรตีนและไขมันเป็นแหล่งพลังงานแทนกลูโคส และเพิ่มการขับกลูโคสออกจากตับ ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น

2. ทำให้ระดับกลูโคสในเลือดเพิ่มสูงขึ้น และนำกลูโคสส่วนเกินไปสร้างเป็นไกลโคเจนเก็บไว้ที่ตับ

3. ลดการสร้างโปรตีน และเร่งกระบวนการสลายโปรตีนที่กล้ามเนื้อแขนขาและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ให้เป็นกรดอะมิโน

4. เร่งกระบวนการสลายตัวของไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันโดยเฉพาะที่แขนขา

5. ผลต่อกระดูก ฮอร์โมนนี้จะเสริมฤทธิ์พาราไทรอยด์ฮอร์โมน โดยกระตุ้นการสลายแคลเซียมจากกระดูก ลดการสร้างกระดูก และยับยั้งการเจริญเติบโตของกระดูก

6. ผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการ ฮอร์โมนจะเร่งการพัฒนาการของอวัยวะและระบบต่าง ๆ ของร่างกายทารกในครรภ์

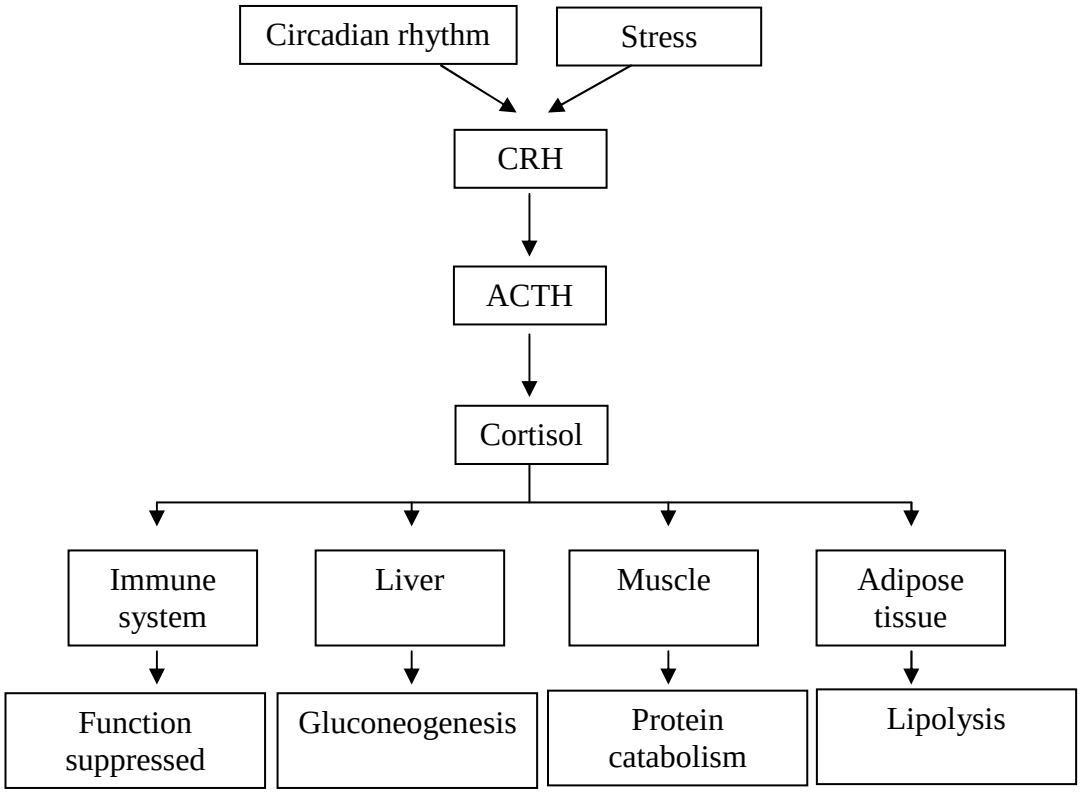
7. ผลต่อระบบไหลเวียน ฮอร์โมนนี้จะเพิ่ม Cardiac Output และ Pulse Pressure และเพิ่มอัตราการกรองของไต

8. มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ระบบประสาทส่วนกลางทำงานปกติ ช่วยในการรับรู้ การได้ยิน ได้กลิ่น

9. มีฤทธิ์ในการต่อต้านการอักเสบและภูมิแพ้ ลดการอักเสบ การแพ้สารต่าง ๆ ทำให้ร่างกายสามารถต้านทานต่อสภาวะต่าง ๆ ได้ดีขึ้น

10. ทำให้ร่างกายทนต่อสภาวะความเครียดได้ดี มีผลเป็น Permissive Effect ทำให้ฮอร์โมนหลายชนิดทำงานออกฤทธิ์ต่อเป้าหมายได้ เช่น ฮอร์โมนกลูคากอน ฮอร์โมนอินซูลิน

Silverthorn (2004) กล่าวว่า สภาวะความเครียด (stress) และช่วงจังหวะของรอบวัน (circadian rhythm) เป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้ไฮโปธาลามัสผลิต Corticotropin-releasing hormone (CRH) เพื่อส่งไปยังต่อมใต้สมองส่วนหน้าซึ่งจะกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าผลิต Adrenocorticotropic hormone (ACTH) โดยหน้าที่ของ ACTH จะส่งเสริมให้ชั้นนอกของต่อมหมวกไตสังเคราะห์และหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล ดังภาพที่ 2




**ภาพที่ 2** กลไกในการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) ของร่างกาย

**ที่มา:** Silverthorn (2004)

นอกจากฮอร์โมน 2 ประเภทที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีฮอร์โมนที่มีความเกี่ยวข้องกับการควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อร่างกายในการดำรงชีวิตอยู่ ได้แก่ โกรทฮอร์โมน ฮอร์โมนกลูคากอน และฮอร์โมนอินซูลิน

**โกรทฮอร์โมน (growth hormone)**

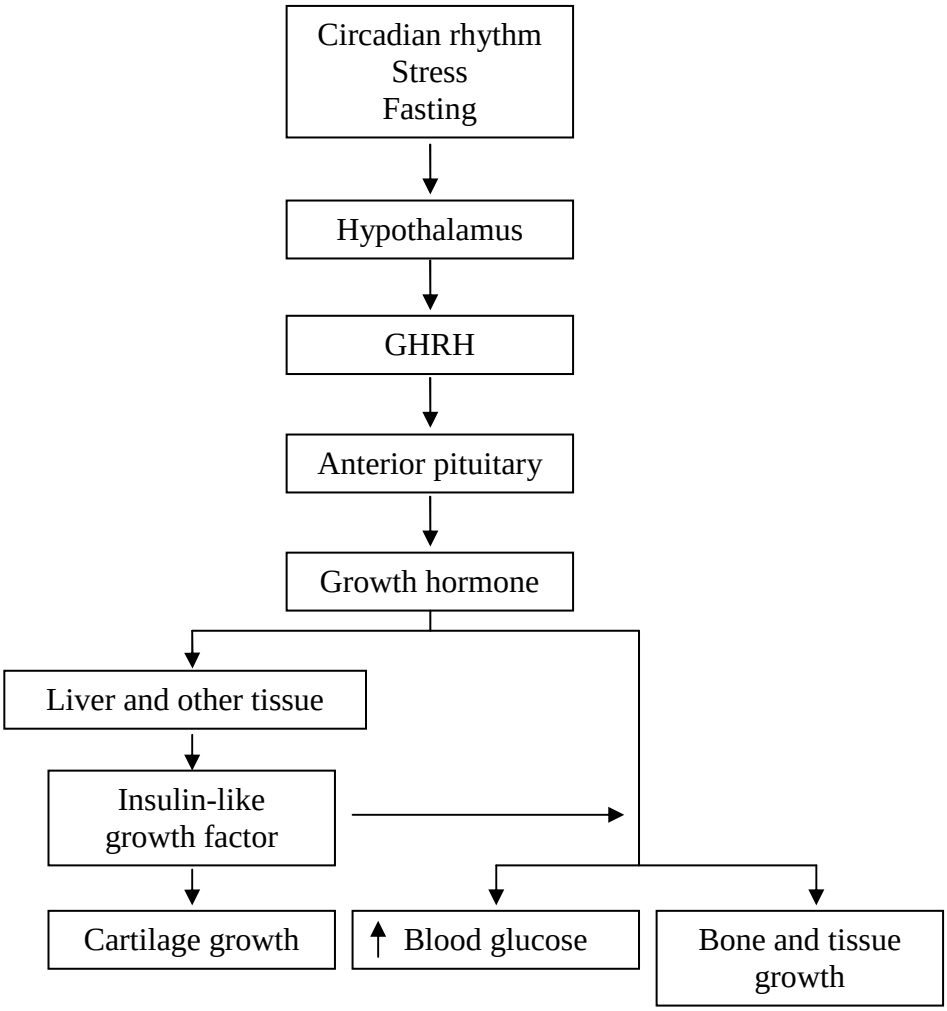
ฮอร์โมนนี้ถูกผลิตจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary grand ) ที่มีขนาดและรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว อยู่บริเวณใต้ไฮโปธาลามัส (Marieb, 2002)โดยโกรทฮอร์โมนจะส่งเสริมให้มีการแบ่งตัวของเซลล์ในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ร่างกายมีการเจริญเติบโต โดยเฉพาะกระดูกอ่อน กระดูก และกล้ามเนื้อ (Kenneth, 2004) นอกจากนั้น Frederic (2006) ได้กล่าวถึงหน้าที่ของโกรทฮอร์โมนไว้ดังนี้

1. ช่วยในการกระตุ้นเนื้อเยื่อบุผิวและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่าง ๆ ให้มีการแบ่งตัวและเจริญเติบโต

2. กระตุ้นให้ตับมีการสลายกลูโคสที่เก็บสะสมไว้ เพื่อเพิ่มระดับกลูโคสในกระแสเลือด

3. ช่วยกระตุ้นให้มีการสลายไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ที่สะสมไว้จากเนื้อเยื่อไขมัน (adipocytes) ซึ่งจะทำให้กรดไขมันในเลือดเพิ่มสูงขึ้น และลดการสลายกลูโคสลง กระบวนการนี้เรียกว่า “glucose-sparing effect”

กลไกในการหลั่งของโกรทฮอร์โมนนี้ เริ่มต้นจากการที่ไฮโปธาลามัสได้รับสิ่งเร้าไม่ว่าจะเป็น ช่วงจังหวะของรอบวัน (circadian rhythm) สภาวะความเครียด (stress) หรือแม้แต่สภาวะที่ร่างกายอดอาหาร (fasting) ไฮโปธาลามัสจะผลิต growth hormone-releasing hormone (GHRH) เพื่อกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่งโกรทฮอร์โมนออกมา (Silverthorn, 2004) ดังภาพที่ 3




**ภาพที่ 3** กลไกในการหลั่งโกรทฮอร์โมน (growth hormone) ของร่างกาย

**ที่มา:** Silverthorn (2004)

**ฮอร์โมนกลูคากอน (glucagon hormone)**

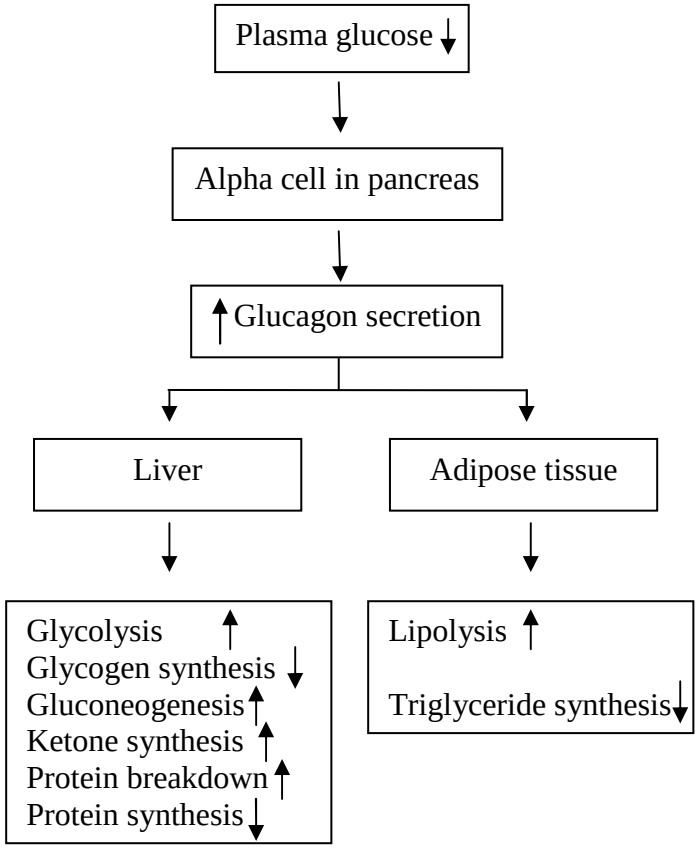
กลูคากอนเป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด โดยช่วยในการสลายไกลโคเจนในตับให้เป็นกลูโคส และกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน (รำแพน, 2541) โดยมีรายละเอียดดังนี้ (วิภา, 2545)

1. ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น มีผลต่อกระบวนการผลิตกลูโคสในตับเพื่อขนส่งออกมาสู่เลือด โดยกระตุ้นการสลายไกลโคเจนและกระตุ้นการสังเคราะห์น้ำตาลกลูโคสจากสารอาหารอื่น ๆ

2. กระตุ้นการสลายโปรตีนให้ได้กรดอะมิโน กระตุ้นการนำส่งกรดอะมิโนมาใช้ที่ตับเพื่อเปลี่ยนกรดอะมิโนให้ไปเป็นกลูโคส

3. กระตุ้นการสลายไขมันในตับและเนื้อเยื่อไขมัน ส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase) ทำให้ได้กรดไขมันอิสระและสารคีโตน (ketone) ออกมากระตุ้นการนำส่งกรดไขมันเข้าสู่ตับและกล้ามเนื้อและยังช่วยการออกซิไดซ์กรดไขมัน ทำให้สามารถผลิตพลังงานได้ในช่วงที่ขาดกลูโคส

ในสภาวะที่ร่างกายมีระดับกลูโคสในกระแสเลือดต่ำ ร่างกายจะกระตุ้นให้ตับอ่อนมีการหลั่งฮอร์โมนกลูคากอนออกมาเพื่อเพิ่มระดับกลูโคสในกระแสเลือด ซึ่งฮอร์โมนนี้จะทำงานตรงข้ามกับฮอร์โมนอินซูลินที่ทำหน้าที่ลดระดับน้ำตาลในเลือด (Germann and Stanfield, 2002) ดังภาพที่ 4




**ภาพที่ 4** กลไกในการหลั่งฮอร์โมนกลูคากอน (glucagon) ของร่างกาย

**ที่มา:** Germann and Stanfield (2002)

**ฮอร์โมนอินซูลิน (insulin hormone)**

อินซูลินเป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการใช้พลังงานของร่างกาย และเป็นตัวที่ทำให้มีการเก็บสะสมพลังงานไว้ ฮอร์โมนนี้ผลิตจากต่อมตับอ่อน (รำแพน, 2541) อินซูลินนั้นมีผลต่อเซลล์เกือบทุกชนิดในร่างกาย แต่มีผลต่ออวัยวะเป้าหมายหลักคือ ตับ กล้ามเนื้อลาย และเนื้อเยื่อไขมัน ดังนี้(วิภา, 2545)

1. ผลต่อเมตะบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต เร่งการส่งผ่านน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์ต่าง ๆ ที่ตอบสนองต่ออินซูลิน

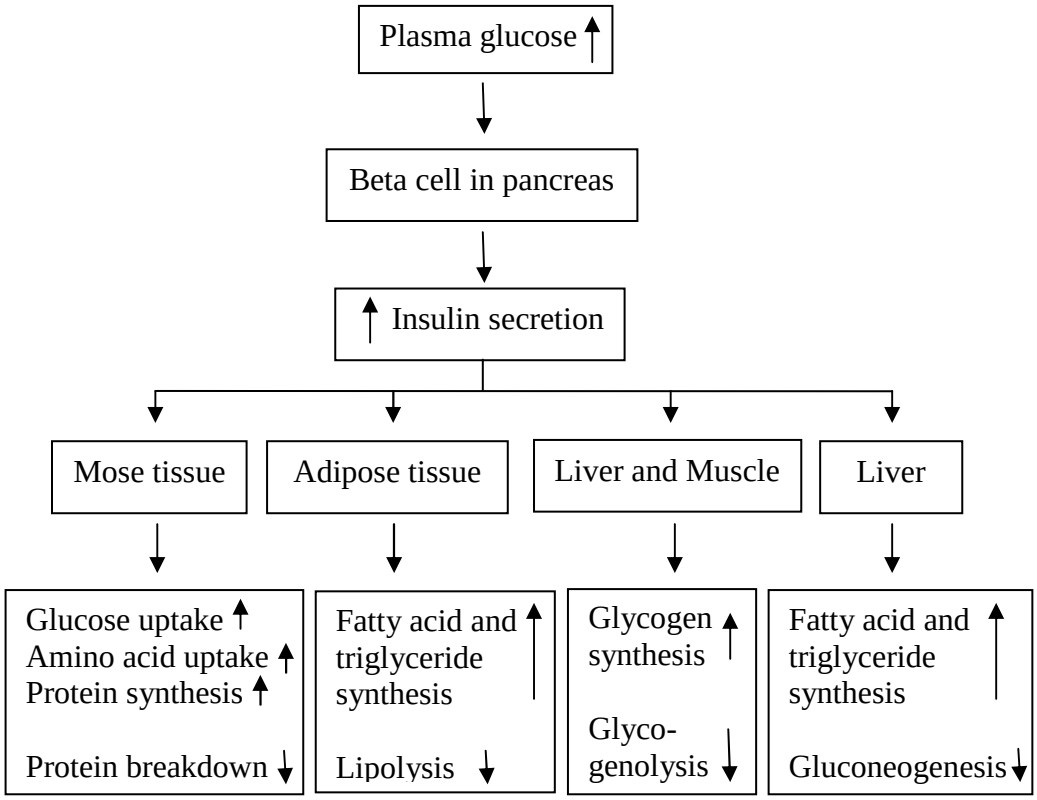
2. ช่วยกระตุ้นการสร้างไกลโคเจน เก็บสะสมไว้ในตับและกล้ามเนื้อโดยการกระตุ้นเอนไซม์ Glycogen Synthetase และยับยั้งการสลายไกลโคเจน

3. ผลต่อเมตะบอลิซึมของโปรตีน กระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน (proteogenesis) จากกรดอะมิโนที่กล้ามเนื้อและตับ และช่วยนำกรดอะมิโนเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อสำหรับสร้างโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต และยับยั้งการสลายตัวของโปรตีน

4. ผลต่อเมตะบอลิซึมของไขมัน กระตุ้นการขนส่งกรดไขมันเข้าสู่เนื้อเยื่อไขมันและการสร้างไขมันไตรกลีเซอร์ไรด์ (lipogenolysis) จากกรดไขมันในตับและเนื้อเยื่อเนื้อเยื่อไขมัน และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส เพื่อป้องกันการสลายไขมันและป้องกันไม่ให้เกิดกรดคีโตน (ketoacidosis)

5. กระตุ้นการเก็บโปแตสเซียมไอออนเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์ไขมัน

การหลั่งของฮอร์โมนอินซูลินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง และปัจจัยหลัก คือ ความเข้มข้นของระดับกลูโคสในกระแสเลือด เมื่อร่างกายมีระดับกลูโคสในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้เบต้าเซลล์ที่ตับอ่อนทำการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินออกมา ส่งผลให้ระดับกลูโคสในกระแสเลือดลดลง (Germann and Stanfield, 2002) ดังภาพที่ 5




**ภาพที่ 5** กลไกในการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) ของร่างกาย

**ที่มา:** Germann and Stanfield (2002)

**ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและเมตะบอลิซึมของร่างกาย**

การตอบสนองของระบบฮอร์โมนที่มีต่อการออกกำลังกาย มีการตอบสนองที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะการออกกำลังกาย และสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยการตอบสนองของระบบฮอร์โมนร่างกายจะแตกต่างกันตามความหนักของการออกกำลังกาย Robert and Steven (2003) ได้แบ่งการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทและฮอร์โมนที่มีต่อการออกกำลังกายออกเป็น 2 ลักษณะคือ การตอบสนองต่อการออกกำลังกายที่มีความหนักและมีความหนักเพิ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป (intense and incremental exercise) และการตอบสนองต่อการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลานาน (prolonged exercise)

**การตอบสนองต่อการออกกำลังกายที่มีความหนักและความหนักเพิ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป**

การทำงานของฮอร์โมนที่ควบคุมการสันดาปพลังงาน จะขึ้นอยู่กับความหนักของการออกกำลังกาย และระยะเวลาในการออกกำลังกาย เมื่อมีการออกกำลังกายจะมีการเพิ่มฮอร์โมนที่ช่วยในการผลิตพลังงาน (catecholamine) ซึ่งจะเร่งการสลายไขมันภายในกล้ามเนื้อลายและเนื้อเยื่อไขมันนอกจากนั้นยังจะช่วยเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลายและในตับ การออกกำลังกายที่มีความหนักของงานต่ำ ความเข้มข้นของฮอร์โมนที่ช่วยในการผลิตพลังงาน จะมีความเข้มข้นน้อย และจะมีการสลายไขมันเพื่อใช้เป็นพลังงานเป็นหลัก สำหรับการออกกำลังกายที่มีความหนัก เช่น การวิ่งระยะสั้นด้วยความเร็ว หรือการยกน้ำหนัก ความเข้มข้นของฮอร์โมนที่ช่วยในการผลิตพลังงาน ในกระแสเลือด จะมีความเข้มข้นสูง ซึ่งจะส่งผลต่อการสันดาปพลังงานระดับเซลล์ ในกล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ เนื้อเยื่อไขมัน และตับ

ความเข้มข้นของโกรทฮอร์โมน (growth hormone) ฮอร์โมนคอร์ติซอล (hormone cortisol) ฮอร์โมนอินซูลิน (hormone insulin) และฮอร์โมนกลูคากอน (hormone glucagon) ในกระแสเลือด จะมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างที่มีการออกกำลังกาย ในลักษณะความหนักเพิ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป (incremental exercise) ในช่วงแรกความเข้มข้นของอินซูลินจะลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงในช่วงท้าย ๆ ขึ้นอยู่กับสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่รับประทานเข้าไป และปริมาณน้ำที่ร่างกายสูญเสียออกไป ในทางตรงกันข้าม ทั้งโกรทฮอร์โมนและฮอร์โมนคอร์ติซอลจะมีความเข้มข้นสูงขึ้น

หน้าที่หลักของโกรทฮอร์โมน คือ เพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระ (free fatty acids) และยับยั้งการดูดซึมกลูโคสของเนื้อเยื่อรอบนอก (peripheral tissues) ดังนั้นจึงเป็นการสงวนกลูโคสในกระแสเลือด และกล้ามเนื้อลายจะดูดซึมเอากลูโคสในกระแสเลือดไปใช้ในการผลิตพลังงาน นอกจากนั้นโกรทฮอร์โมน ยังช่วยในการเพิ่มคอร์ติซอลอีกด้วย โดยที่คอร์ติซอล จะช่วยในการเคลื่อนย้ายกรดไขมันอิสระออกจากเนื้อเยื่อไขมัน และลดการดูดซึมกรดอะมิโนของเนื้อเยื่อรอบนอก (peripheral tissues) เป็นสาเหตุให้มีการเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนในระบบไหลเวียน การเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนในระบบไหลเวียนทำให้ตับสามารถผลิตกลูโคสจากสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช้กลูโคส (gluconeogenesis) แต่อย่างไรก็ตาม ระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักเพิ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป หรือการออกกำลังกายที่มีความหนักแต่ใช้ระยะเวลาสั้น(short-term intense

exercise) คาร์โบไฮเดรตของร่างกายถูกกักเก็บไว้นั้นยังไม่ลดลง ดังนั้นกระบวนการของตับดังกล่าวจึงไม่ค่อยมีความสำคัญเท่าไร ส่วนฮอร์โมนกลูคากอนจะไม่มีการเพิ่มขึ้นในขณะที่ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการออกกำลังกายที่มีความหนักเพิ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป ในทางกลับกัน เมื่อระดับความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้นจะมีการกระตุ้นให้มีการปลดปล่อยฮอร์โมนอินซูลินออกจากเบต้าเซลล์ของตับอ่อน

**การตอบสนองต่อการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลานาน**

การออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลานาน (prolonged exercise) นั้นก่อให้เกิดการลดลงของไกลโคเจนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อและที่ตับ เมื่อไกลโคเจนในกล้ามเนื้ออยู่ในระดับต่ำ กล้ามเนื้อจะมีการเผาผลาญพลังงานจากกลูโคสในกระแสเลือดเพิ่มมากขึ้นและเป็นเหตุให้ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดลดลง ผลก็คือ เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าปกติ (hypoglycemia) ด้วยเหตุที่เนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายในร่างกายล้วนแต่ใช้กลูโคสในกระแสเลือดเป็นแหล่งพลังงาน ร่างกายจึงจำเป็นต้องรักษาระดับกลูโคสไว้ และถ้าเป็นไปได้เนื้อเยื่อต่าง ๆ จะมีการลดการใช้กลูโคสลงในสภาวะที่ร่างกายมีคาร์โบไฮเดรตในระดับต่ำ

ขณะที่ร่างกายมีการออกกำลังกายต่อเนื่องเป็นเวลานาน ระดับของกลีเซอรอล (glycerol) และเบต้า-ไฮดรอกซี่บิวเทอเรต (b-hydroxybuterate) จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งกลีเซอรอลจะเป็นเครื่องบ่งชี้ของการเพิ่มการเคลื่อนย้ายกรดไขมันอิสระ และเบต้า-ไฮดรอกซี่บิวเทอเรต คือ คีโตนบอดี้ (ketone body) ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการเผาผลาญไขมันปริมาณมากในขณะที่ร่างกายมีระดับคาร์โบไฮเดรตต่ำ การเพิ่มการหลั่งของโกรทฮอร์โมนจากต่อมพิทูอิตารี่ส่วนหน้า (anterior pituitary grand) และคอร์ติซอล จากอะดรีนอลคอร์เท็กซ์ (adrenal cortex) จะเป็นการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเธติค (sympathetic) การเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระและกรดอะมิโนในกระแสเลือดที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของโกรทฮอร์โมนและคอร์ติซอล ส่งผลให้มีการเพิ่มสารช่วยในการเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิส (gluconeogenesis) และมีการเปลี่ยนแหล่งที่ใช้ในการเผาผลาญพลังงานให้กับกล้ามเนื้อลาย เว้นเสียแต่กระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสได้ถูกกระตุ้นไปแล้ว การตอบสนองนี้จะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อตับเท่านั้น และนี่คือหนึ่งในหน้าที่หลักของกลูคากอน

กลูคากอนเพิ่มกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสในตับได้ด้วยระบบไซคลิกเอเอ็มพี (cAMP) ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้เอนไซม์ไกลโคเจน ฟอสโฟรีเลสทำงาน นอกจากนั้นกลูคากอนยังเพิ่มความเร็วของกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสได้โดยการยอมให้มีการย้อนกลับของปฏิกิริยาฟอสโฟฟรุคโตไคเนส (PFK reaction)

**ผลของช่วงเวลาของวันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและเมตะบอลิซึมของร่างกาย**

ภายในช่วงเวลาหนึ่งวันร่างกายมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงการหลั่งฮอร์โมนที่แตกต่างกัน เช่น ฮอร์โมนบางชนิดหลั่งออกมามากในช่วงเช้า หรือฮอร์โมนบางชนิดหลั่งออกมามากที่สุดในตอนกลางคืน วิภา (2545) กล่าวว่าระดับฮอร์โมนในเลือดขึ้นอยู่กับอัตราการหลั่งและการกำจัดฮอร์โมนจากเลือด ปกติต่อมไม่ได้หลั่งฮอร์โมนด้วยอัตราคงที่ตลอดเวลา แต่อัตราการหลั่งพื้นฐานมีลักษณะขึ้นลงเป็นช่วง (pulsatile) และเมื่อเซลล์ถูกกระตุ้น จะหลั่งฮอร์โมนด้วยอัตราที่สูงขึ้นเป็นช่วง ๆ เช่น ทุก 5-10 นาที 2-3 ชั่วโมง หรือหลั่งแต่ละรอบใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง (circadian) หรือมีระดับเพิ่มสูงสุดที่เวลาเดียวกันของทุกวัน (diurnal) หรือมีรอบขึ้นลงตามฤดูกาลของทุกปี (circannual หรือ seasonal) ซึ่งสอดคล้องกับ Rhoades และ Pflanzer (2003) ได้กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอลในกระแสเลือดมีการเปลี่ยนแปลงตลอด 24 ชั่วโมงในบุคคลทั่วไป ความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอลในกระแสเลือดจะสูงที่สุดในช่วงเช้า และจะลดลงต่ำสุดในช่วงเวลาเที่ยงคืน จังหวะการหลั่งของฮอร์โมนคอร์ติซอลนี้เริ่มต้นมาจากสมองส่วนกลางขั้นสูง (higher brain center) ได้มีการกระตุ้นระบบ ไฮโปธาลามิค-พิทูอิตารี่ ( hypothalamic-pituitary) ซึ่งจังหวะเหล่านี้จะสัมพันธ์กับรูปแบบการหลับ-ตื่น (sleep-wake patterns) ของบุคคลนั้นมากกว่าอิทธิพลของวัฏจักรกลางวัน-กลางคืน

Bailey and Heitkemper (2001) ได้ทำการศึกษาจังหวะการหลั่งของคอร์ติซอลและอุณหภูมิของร่างกายภายในหนึ่งวันระหว่างผู้ชายและผู้หญิงที่มีสุขภาพดี จำนวน 19 คน โดยทำการเจาะเลือดทุก ๆ 2 ชั่วโมง เวลารวมทั้งหมด 36 ชั่วโมง พบว่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอลใน กระแสเลือดในช่วงเวลาเช้าสูงกว่าช่วงเวลาเย็น สอดคล้องกับที่ Haus (2007) ได้ทำการศึกษาพบว่า Total Thyroxin จะเพิ่มขึ้นสูงสุดช่วงประมาณ ก่อนเที่ยงหรือช่วงเที่ยง และจะลดต่ำที่สุดในช่วงเวลากลางคืน ส่วนการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนอินซูลินนั้นมีหลาย ๆ ปัจจัย เช่น การอดอาหาร ปริมาณกลูโคสที่รับเข้าสู่ร่างกาย เป็นต้น

Kanaley *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของช่วงเวลาที่มีต่อการหลั่งของฮอร์โมนคอร์ติซอล และโกรทฮอร์โมนจากการออกกำลังกาย ในผู้ชายที่มีสุขภาพดี จำนวน 10 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการออกกำลังกายด้วยลู่วิ่งเป็นเวลา 30 นาที ในช่วงเวลา 7.00 น. 19.00 น. และ 24.00 น. โดยทำการเจาะเลือดทุก ๆ 5 นาที ตั้งแต่ก่อนการออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง จนกระทั่งออกกำลังกายเสร็จสิ้นแล้ว 5 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า ขณะพักฮอร์โมนคอร์ติซอลมีปริมาณที่มากที่สุดในช่วง 7.00 น. ซึ่งมากกว่าช่วงเวลา 24.00 น. และช่วงเวลา 19.00 น. สอดคล้องกับความเข้มข้นสูงสุดของฮอร์โมนคอร์ติซอลที่มีการหลั่งขณะออกกำลังกายมากที่สุดในช่วง 7.00 น. ซึ่งมากกว่าช่วงเวลา 24.00 น. และช่วงเวลา 19.00 น. ตามลำดับ ยิ่งกว่านั้นความเข้มข้นสูงสุดของฮอร์โมนคอร์ติซอล ในวันที่มีการออกกำลังกายมีค่าสูงกว่าวันที่ไม่มีการออกกำลังกายในทุกช่วงเวลา

นอกจากนั้น Jeanick *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาถึงความแตกต่างของช่วงเวลาเช้า-เย็นที่เกี่ยวกับการใช้ออกซิเจนของร่างกายในการปั่นจักรยานช่วงเวลาสั้น (short duration cycling exercise) ในกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ชายที่ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 14 คน ผลการศึกษาพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของการใช้ออกซิเจนของร่างกายและปริมาณงานสุทธิขึ้น ในช่วงเวลาเย็น

นอกจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนในมนุษย์แล้ว ยังมีบางการศึกษาที่ทำการศึกษาในสัตว์อีกด้วย อย่างเช่น Okia and Atkinson (2003) ทำการศึกษาถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนคอร์ติซอล และฮอร์โมนไทรอกซินในแมวน้ำช่วงอายุ 4-25 ปี ระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว โดยทำการเจาะเลือดแมวน้ำมาตรวจ ทุก ๆ 2-3 ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนคอร์ติซอลระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนไทรอกซินแสดงให้เห็นว่าในฤดูหนาวระดับของฮอร์โมนไทรอกซิสูงกว่าในฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาที่ผ่านมาจะสังเกตได้ว่า ความแตกต่างของช่วงเวลาในหนึ่งวันนั้นมีอิทธิพลต่อการหลั่งฮอร์โมน ซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้ในการควบคุมกลไกการทำงานของร่างกายให้เป็นไปตามปกติ ซึ่งฮอร์โมนเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับการควบคุมการใช้พลังงานของร่างกาย หรือควบคุมการเผาผลาญสารอาหารต่าง ๆ ภายในร่างกาย ได้แก่ ฮอร์โมนคอร์ติซอล และฮอร์โมนไทรอกซิน โดยฮอร์โมนคอร์ติซอล นั้นเกี่ยวข้องกับเมตะบอลิซึมของน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น มีผลต่อโปรตีนและไขมันด้วย ซึ่งจะเพิ่มขึ้นสูงสุดช่วงเช้าของแต่ละวัน ส่วนทางด้านฮอร์โมน

ไทรอกซิน จะมีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตะบอลิซึมของร่างกายโดยทั่วไป ตลอดจนการตอบสนองของร่างกายต่อฮอร์โมนต่าง ๆ และจะมีการหลั่งออกมาสูงสุดช่วงประมาณก่อนเที่ยงหรือช่วงเที่ยง

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tanita Scale Plus Body Fat Monitor UM-029 ประเทศญี่ปุ่น

2. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (gas analysis) ชุดอุปกรณ์ Metabolic Cart ยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น V Max 229 Series ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. จักรยานวัดงาน รุ่น Sensor Medics Ergometrics 800 ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจชนิดไร้สาย ยี่ห้อ Polar ประเทศฟินแลนด์

5. เครื่องวัดความดันโลหิตชนิดปรอท ยี่ห้อ HICO ประเทศญี่ปุ่น

6. เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกาย ยี่ห้อ Microlife Digital Infrared Ear Thermometer ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

7. เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง ยี่ห้อ Lange Skinfold Caliper ประเทศอังกฤษ

8. ใบบันทึกผล

# วิธีการ

## ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ บุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพศชาย มีปริมาณไขมันสะสมในร่างกายร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักตัว มีอายุระหว่าง 40 ถึง 60 ปี กลุ่มตัวอย่างคือ อาสาสมัครที่ จำนวน 12 คน และเป็นผู้ที่ไม่มีการบาดเจ็บ หรือโรคประจำตัวที่มีผลต่อการออกกำลังกาย เช่น โรคหลอดเลือดและหัวใจ ความผิดปกติของฮอร์โมน ปวดเข่าเรื้อรัง ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย เป็นต้น

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ถึงคณะต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ในการขอใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้

2. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ทางคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ในการขอใช้อุปกรณ์และสถานที่

3. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์ในการวิจัยจากทฤษฎีและหลักการจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย

4. ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากอาสาสมัครชาย โดยมีเงื่อนไขคือ กลุ่มตัวอย่างจะต้องมีปริมาณไขมันสะสมในร่างกาย ร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักตัว ช่วงอายุระหว่าง 40-60 ปี และปราศจากโรคและการบาดเจ็บที่มีผลกระทบต่อการศึกษาครั้งนี้

5. จัดเตรียมอุปกรณ์ และสถานที่ที่จะทำการทดสอบ

6. ชี้แจงขั้นตอนของการทำการวิจัยให้กับกลุ่มตัวอย่างได้รับทราบโดยละเอียด เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถูกต้อง ในการเข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้ คือ

6.1 ผู้เข้าร่วมทดสอบต้องไม่รับประทานอาหาร ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 5 ชั่วโมง

6.2 การออกกำลังกายระดับเบา ต้องรับประทานอาหารหลักในมื้อสุดท้าย ก่อนที่ทำการออกกำลังกายให้เหมือนกันทั้งปริมาณและประเภทของอาหารทุกครั้ง

6.3 การออกกำลังกายที่ระดับเบา แต่ละครั้งจะเว้นระยะเวลาห่างจากการทดสอบครั้งต่อไปอย่างน้อย 4 วัน

6.4 ควบคุมอุณหภูมิห้องในการออกกำลังกายไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส

6.5 ผู้เข้าร่วมทดสอบต้องไม่ออกกำลังกายอย่างหนัก หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

6.6 ผู้เข้าร่วมทดสอบต้องหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายอย่างหนัก หรือ ออกกำลังกายมากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ในขณะทำการศึกษาอยู่

6.7 ผู้เข้าร่วมทดสอบต้องนอนหลับในคืนก่อนการทดสอบอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

7. ทำการทดสอบหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพื่อนำค่าที่ได้มากำหนดความหนักสำหรับการออกกำลังกายที่ระดับเบา

8. ทำการสุ่มลำดับช่วงเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายที่ระดับเบาของกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ออกกำลังกาย โดยปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนักเทียบเท่า 40% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นระยะเวลา 30 นาที ใน 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลา 6.00-7.30 น. และช่วงเวลา 18.00-19.30 น.

9. ทำการทดสอบการออกกำลังกายที่ระดับเบา ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนักของงานเทียบเท่า 40% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 30 นาที ทั้งช่วงเวลาเช้า และช่วงเวลาเย็น

10. นำผลการทดสอบที่ได้ มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

11. สรุปผลการวิจัย และเสนอความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ในรูปของตารางและความเรียง

**วิธีดำเนินการทดสอบ**

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน เป็นผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัวที่มีผลต่อการออกกำลังกาย และมีความสมัครใจเข้าร่วมวิจัย โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากกลุ่มประชากรที่เป็นบุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพศชายอายุระหว่าง 40-60 ปี มีปริมาณไขมันสะสมของร่างกาย ร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักตัว ซึ่งได้จากการวัดปริมาณไขมันด้วย วิธีการของ Durnin and Womersley (1973) จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะทำการทดลอง 3 ครั้ง โดยที่การทดลองครั้งแรกจะทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2max$) ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 จะทำการออกกำลังกายระดับเบา ด้วยความหนักของงานคงที่ช่วงเวลาเช้า (6.00-7.30 น.) และช่วงเวลาเย็น (18.00-19.30 น.) ทั้งนี้การทดลองทั้ง 3 ครั้ง จะไม่ทำในวันเดียวกัน

1. การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ในการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิตขณะพัก จากนั้นทำการทดสอบออกกำลังกายแบบเพิ่มความหนักของงานจนถึงระดับ 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (heart rate reserve; HRR) หรือกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถปฏิบัติต่อไปได้ เพื่อประมาณค่า $VO_2max$ การทดสอบกระทำโดยให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยานวัดงาน (ยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น Ergometrics 800) พร้อมกับวัดค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (ยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น Vmax 229 Series) และวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจชนิดไร้สาย (ยี่ห้อ Polar รุ่น Vantage NV) ขั้นตอนการทดสอบเริ่มจากผู้เข้ารับการทดสอบนั่งพักประมาณ 15 นาที จากนั้นทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที ด้วยความหนักของงาน 10 วัตต์ นาน 5 นาที เมื่อเข้าสู่ช่วงการทดสอบความหนักของงานจะเพิ่มเป็น 20 วัตต์ และทุก 2 นาที ความหนักของงานจะเพิ่มขึ้น 20 วัตต์ อย่างค่อยเป็นค่อยไป (ramp protocol) จนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจผู้เข้ารับการทดสอบถึงอัตราการเต้นหัวใจเป้าหมาย (target heart rate; THR)

เท่ากับ 85% ของ HRR หรือกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถปฏิบัติต่อไปได้ โดยอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายหาได้จากวิธีการของ Kavonen (Heyward, 1998)

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

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

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

จากนั้นนำค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด มาคำนวณหาความหนักของงานที่สอดคล้องกับการใช้ออกซิเจน 40% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้สมการ multistage model ของ American College of Sports Medicine; ACSM (2002) ดังนี้

$$VO_2max = VO_2SM_2 + b\ (HRmax - HR_2)$$

โดย HRmax คือ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้งต่อนาที)
b คือ ค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนักของงานและอัตราการเต้นของหัวใจที่ระดับความหนักต่ำกว่าความสามารถสูงสุด คำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$b = (VO_2SM_2 - VO_2\ SM_1) / (HR_2 - HR_1)$$

โดย $VO_2\ SM_1$ ($ml.kg.min^{-1}$) คือ ปริมาณการใช้ออกซิเจนในขั้นความหนักก่อนถึงระดับ 85% ของ HRR หรือขั้นความหนักก่อนที่ผู้รับการทดสอบปฏิบัติได้สูงสุด

$VO_2SM_2$ ($ml.kg.min^{-1}$) คือ ปริมาณการใช้ออกซิเจนในขั้นความหนักที่ระดับ 85% ของ HRR หรือขั้นความหนักที่ผู้รับการทดสอบปฏิบัติได้สูงสุด

$HR_1$ คือ อัตราการเต้นของหัวใจในขั้นความหนักก่อนถึงระดับ 85% ของ HRR หรือขั้นความหนักก่อนที่ผู้รับการทดสอบปฏิบัติได้สูงสุด

$HR_2$ คือ อัตราการเต้นของหัวใจในขั้นความหนักที่ระดับ 85% ของ HRR หรือขั้นความหนักที่ผู้รับการทดสอบปฏิบัติได้สูงสุด

2. การออกกำลังกายระดับเบา

หลังจากทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดอย่างน้อย 1 สัปดาห์ จึงเริ่มทำการทดลองออกกำลังกายระดับเบา กลุ่มตัวอย่างจะถูกสุ่มช่วงเวลาในการการออกกำลังกายระดับเบาว่าจะทดสอบช่วงเวลาใดก่อนหลัง โดยการออกกำลังกายในแต่ละครั้งจะห่างกันอย่างน้อย 4 วัน ซึ่งก่อนที่จะทำการออกกำลังกายกลุ่มตัวอย่างจะต้องหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารก่อนทำการออกกำลังกายอย่างน้อย 5 ชั่วโมง ต้องไม่มีการออกกำลังกายหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ก่อนทำการออกกำลังกายระดับเบาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ในกรณีที่ทำการออกกำลังกายช่วงเวลาเช้ากลุ่มตัวอย่างต้องได้รับการนอนหลับอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

ในวันที่ออกกำลังกายระดับเบา กลุ่มตัวอย่างต้องมาถึงสถานที่ทำการออกกำลังกายก่อนเวลาออกกำลังกาย 15 นาที โดยให้ผู้ออกกำลังกายนั่งพักอย่างน้อย 15 นาที ในระหว่างนั้นจะทำติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ จากนั้นออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที ซึ่งเริ่มจากการปั่นที่แรงต้านที่ 25 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเพิ่มความหนักเป็นความหนักเทียบเท่าระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด นาน 30 นาที ภายในห้องที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พร้อมกันนี้กลุ่มตัวอย่างใส่อุปกรณ์เพื่อนำอากาศที่หายใจเข้าและออกไปวิเคราะห์ นอกจากนี้ทำการบันทึกค่าความดันโลหิต อุณหภูมิของร่างกายทุก ๆ 5 นาที และบันทึกค่า อัตราการเต้นหัวใจทุก ๆ 1 นาที จนครบ 30 นาที จะมีการปฏิบัติเช่นนี้ทั้ง 2 ช่วงเวลาของการออกกำลังกายระดับเบา กลุ่มตัวอย่างต้องงดการออกกำลังกายอย่างหนัก หรือออกกำลังกายมากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ในขณะที่ทำการศึกษาอยู่

ข้อมูลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซจะถูกนำมาคำนวณหาค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate; FOR) และอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตของร่างกาย (carbohydrate oxidation rate; COR) โดยใช้สมการ (Robert and Steven, 2003) ดังนี้

$$FOR = \text{kcal from fat} / 9$$

$$COR = \text{kcal from CHO}/ 4$$

โดย FOR คือ อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกาย (g/min)

COR คือ อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตของร่างกาย (g/min)

kcal from fat คือ พลังงานที่ได้มาจากการเผาผลาญไขมัน (kcal/min) คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{kcal from fat} = [(1 - RQ)/(1 – 0.7)] \times EE$$

kcal from CHO คือ พลังงานที่ได้มาจากการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (kcal/min) คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{kcal from CHO} = \{1 – [(1 - RQ)/(1 – 0.7)]\} \times EE$$

RQ คือ อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้กับออกซิเจนที่ใช้ในกระบวนการออกซิเดชั่นของสารอาหารให้พลังงาน

EE คือ อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (kcal/min) คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$EE = VO_2 \times \text{RER caloric equivalent}$$

$VO_2$ คือ ปริมาณการใช้ออกซิเจนของร่างกาย (L/min)

RER caloric equivalent คือ ปริมาณแคลลอรี่ที่ได้จากการเผาผลาญไขมันและการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทในแต่ละค่า RQ (kcal/L) (ภาคผนวก ก)

นอกจากนี้การคำนวณค่าร้อยละของพลังงานที่ได้มาจากการเผาผลาญไขมันและการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท (kcal/min) คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\% \text{ kcal from fat} = [(1 - RQ)/(1 - 0.7)] \times 100$$

$$\% \text{ kcal from CHO} = \{1 - [(1 - RQ)/(1 - 0.7)]\} \times 100$$

## สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

1. คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error ) ของค่าอัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate oxidation rate) อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (energy expenditure) อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) ความดันโลหิต (blood pressure) และอุณหภูมิของร่างกาย (body temperature) ขณะออกกำลังกายในแต่ละช่วงเวลา

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการเผาผลาญไขมันและอัตราการใช้พลังงานของร่างกายในขณะออกกำลังกาย โดยใช้สถิติ pair t-test ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

## สถานที่

ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

**ระยะวลาในการดำเนินการวิจัย**

เดือนสิงหาคม – เดือนตุลาคม 2551

**แหล่งทุนสนับสนุน**

ทุนส่วนตัว

# ผลการวิจัยและวิจารณ์

## ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น ที่มีต่ออัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกาย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศชาย มีอายุระหว่าง 40-60 ปี จำนวน 12 คน และมีปริมาณไขมันสะสมของร่างกายร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักตัว ทำการออกกำลังกาย โดยปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนักของงานเทียบเท่า 40 % ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นระยะเวลา 30 นาที ทั้งช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาเย็น ผลของการวิจัยที่ได้นำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ผลของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในขณะพัก

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ผลของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในขณะออกกำลังกาย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้สถิติ One-Sample Kolmogorov-Sminov Test ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เพื่อดูการแจกแจงของข้อมูล ซึ่งพบว่า ข้อมูลทั้งหมดมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ (P>.05) ดังนั้นสรุปได้ว่า การวิจัยครั้งนี้สามารถที่จะใช้สถิติแบบพาราเมตริก (parametric statistic) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้

**ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง**

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และร้อยละไขมันสะสมในร่างกายโดยได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ดังนี้

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ย และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

| ตัวแปร | $\overline{X}$ | S.E. |
|---|---|---|
| อายุ (ปี) | 46.58 | 4.52 |
| น้ำหนัก (ก.ก.) | 78.30 | 10.08 |
| ส่วนสูง (ซ.ม.) | 168.08 | 4.83 |
| ร้อยละของไขมันสะสมในร่างกาย | 32.15 | 3.40 |
| ดัชนีมวลกาย (ก.ก.ต่อม.$^2$) | 27.66 | 2.89 |

จากตารางที่ 1 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า อายุของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย 46.58 ปี ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 4.52 ปี น้ำหนักมีค่าเฉลี่ย 78.30 ก.ก. ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 10.08 ก.ก. ส่วนสูงมีค่าเฉลี่ย 168.08 ซ.ม. ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 4.83 ซ.ม. ร้อยละของไขมันสะสมในร่างกายมีค่าเฉลี่ย 32.15 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3.40 % และดัชนีมวลกายกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย 27.66 ก.ก.ต่อม.$^2$ และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.89 ก.ก.ต่อ ม.$^2$

**ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ผลของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในขณะพัก**

ตอนที่ 2 เป็นส่วนที่แสดงค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) อุณหภูมิของร่างกาย (body temperature) ความดันโลหิต (blood pressure) อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย (energy expenditure) อัตราการเผาผลาญไขมัน (fat oxidation rate) อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท (carbohydrate oxidation rate) อัตราส่วนการหายใจ (respiratory exchange ratio) ร้อยละของการเผาผลาญไขมัน (percent fat oxidation) และร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท (percent carbohydrate oxidation) ในขณะพัก ด้วยสถิติ pair t-test ระหว่างการออกกำลังกายในช่วงเช้ากับการออกกำลังกายในช่วงเย็น ข้อมูลดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 2 ดังนี้

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขณะพัก ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

| ช่วงเวลา | $\overline{X}$ | S.E. | t | p |
|---|---|---|---|---|
| อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 60.67 | 2.55 | -3.62 | .004* |
| ช่วงเวลาเย็น | 68.50 | 2.57 | | |
| อุณหภูมิของร่างกาย (องศาเซลเซียส) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 35.48 | 0.09 | -9.58 | .000* |
| ช่วงเวลาเย็น | 36.24 | 0.09 | | |
| ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 124.17 | 2.88 | 1.24 | .241 |
| ช่วงเวลาเย็น | 120 | 3.48 | | |
| ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 82.50 | 2.18 | .00 | 1.000 |
| ช่วงเวลาเย็น | 82.50 | 2.50 | | |
| อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย (กิโลแคลอรี่ต่อนาที) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 0.96 | 0.05 | -.375 | .715 |
| ช่วงเวลาเย็น | 0.99 | 0.05 | | |
| อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกาย (กรัมต่อนาที) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 0.04 | 0.03 | -.559 | .587 |
| ช่วงเวลาเย็น | 0.05 | 0.02 | | |

*ช่วงเวลาเช้าแตกต่างกับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

**ตารางที่ 2** (ต่อ)

| ช่วงเวลา | $\overline{X}$ | S.E. | t | p |
|---|---|---|---|---|
| อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกาย (กรัมต่อนาที) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 0.14 | 0.02 | .175 | .864 |
| ช่วงเวลาเย็น | 0.14 | 0.02 | | |
| อัตราส่วนการหายใจ | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 0.87 | 0.02 | .322 | .753 |
| ช่วงเวลาเย็น | 0.86 | 0.02 | | |
| ร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกาย (%) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 43.25 | 6.08 | -.322 | .753 |
| ช่วงเวลาเย็น | 46.76 | 5.62 | | |
| ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกาย (%) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 56.75 | 6.08 | .323 | .753 |
| ช่วงเวลาเย็น | 53.22 | 5.62 | | |

*ช่วงเวลาเช้าแตกต่างกับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

จากตารางที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 60.67 ครั้งต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.55 ครั้งต่อนาที ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 68.50 ครั้งต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.57 ครั้งต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อุณหภูมิของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 35.48 องศาเซลเซียส ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.09 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 36.24 องศาเซลเซียส ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.09 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิของร่างกายขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อุณหภูมิของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะพัก ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 124.17 มิลลิเมตรปรอท ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.88 มิลลิเมตรปรอท ส่วนความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะพักในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 120 มิลลิเมตรปรอท ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3.48 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะพัก ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะพัก ในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะพัก ในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะพัก ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 82.50 มิลลิเมตรปรอท ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.18 มิลลิเมตรปรอท ส่วนความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะพัก ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 82.50 มิลลิเมตรปรอท ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.50 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะพัก ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะพัก ในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะพัก ในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 0.96 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.05 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ส่วนอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 0.99 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.05 กิโลแคลอรี่ต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 0.04 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.03 กรัมต่อนาที ส่วนอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพัก

ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 0.05 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.02 กรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 0.14 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.02 กรัมต่อนาที ส่วนอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 0.14 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.02 กรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

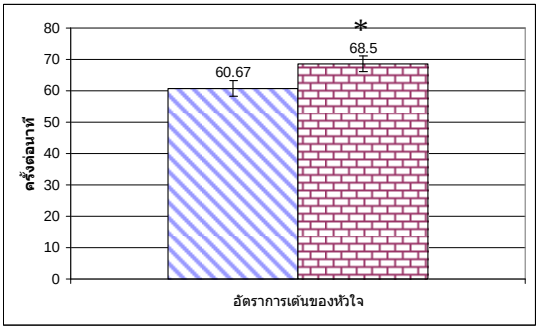
อัตราส่วนการหายใจขณะพักในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 0.87 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.02 กรัมต่อนาที ส่วนอัตราส่วนการหายใจขณะพักในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 0.86 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.02 กรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราส่วนการหายใจขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราส่วนการหายใจขณะพักในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับอัตราส่วนการหายใจขณะพักในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 43.25 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 6.08 % ส่วนร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 46.76 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 5.62 % เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

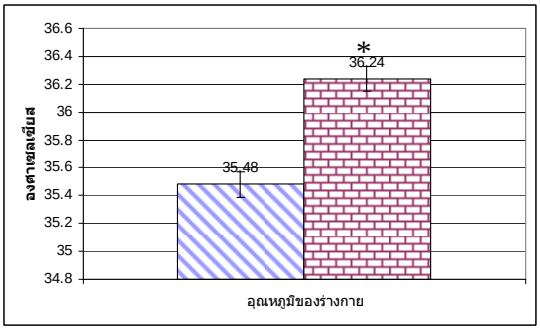
ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 56.75 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 6.08 % ส่วนร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 53.22 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 5.62 % เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น

พบว่า ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่าง กับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

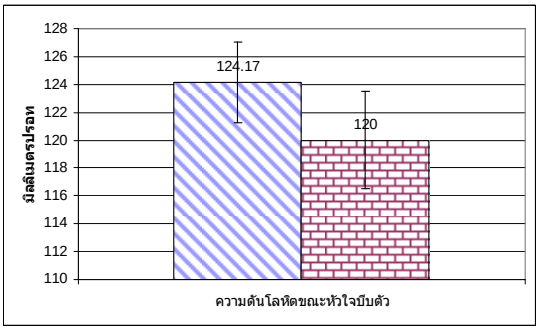
ก.



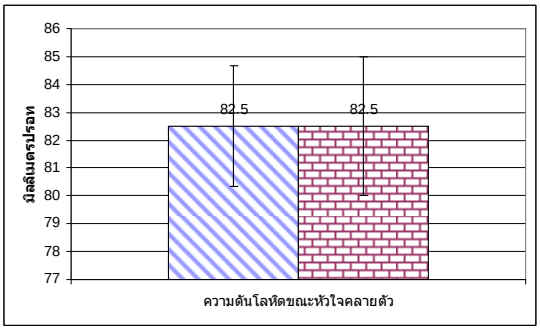

ข.



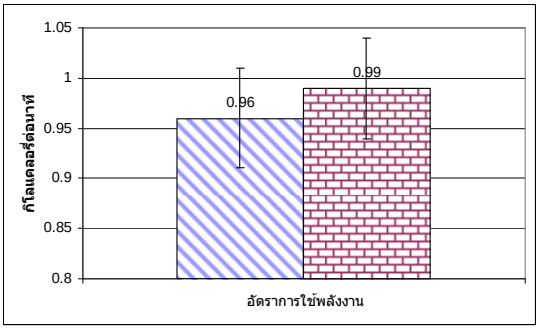

ค.



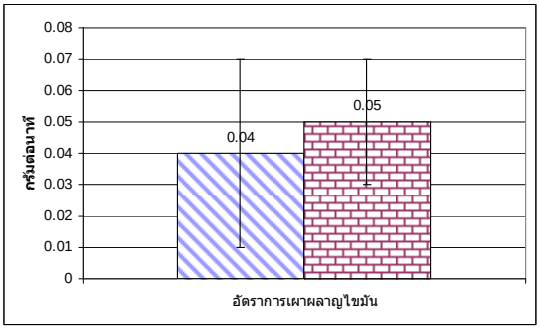

ง.




จ.



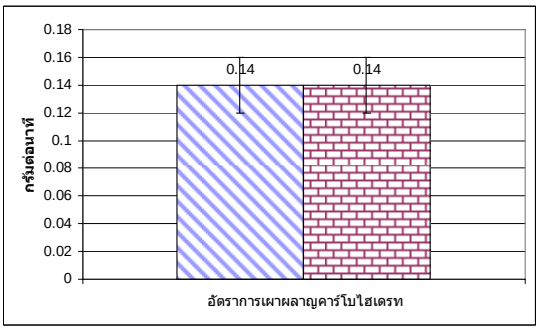

ฉ.



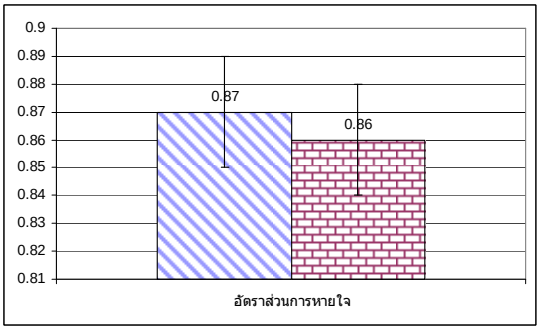

**ภาพที่ 6** แสดงการตอบสนองทางสรีรวิทยาขณะพัก ระหว่างช่วงเวลาเช้า ( ) กับช่วงเวลาเย็น ( ) ก.) อัตราการเต้นของหัวใจ ข.) อุณหภูมิของร่างกาย ค.) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ง.) ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว จ.) อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย ฉ.) อัตราการเผาผลาญไขมัน ช.) อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท ซ.) อัตราส่วนการหายใจ ฌ.) ร้อยละของการเผาผลาญไขมัน และ ฎ.) ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท

* ช่วงเวลาเช้าแตกต่างกับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

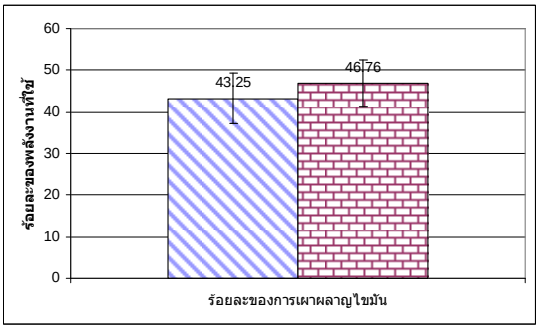
ช.



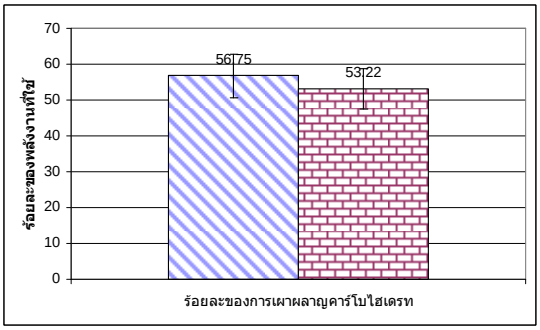

ซ.




ฌ.




ฎ.




**ภาพที่ 6** (ต่อ)

**ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ผลของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในขณะออกกำลังกาย**

ตอนที่ 3 เป็นส่วนที่แสดงค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิของร่างกาย ความดันโลหิต อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย อัตราการเผาผลาญไขมัน อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท อัตราส่วนการหายใจ ร้อยละของการเผาผลาญไขมัน ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท ผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกาย ผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกาย และผลรวมปริมาณการใช้คาร์โบไฮเดรทในขณะออกกำลังกาย ด้วยสถิติ pair t-test ระหว่างการออกกำลังกายในช่วงเช้า กับการออกกำลังกายในช่วงเย็น ข้อมูลดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4 ดังนี้

**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ขณะออกกำลังกาย 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

| ช่วงเวลา | $\overline{X}$ | S.E. | t | p |
|---|---|---|---|---|
| อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 107.61 | 4.24 | -2.778 | .018* |
| ช่วงเวลาเย็น | 113.20 | 2.87 | | |
| อุณหภูมิของร่างกาย (องศาเซลเซียส) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 35.46 | 0.12 | -4.47 | .001* |
| ช่วงเวลาเย็น | 36.05 | 0.09 | | |
| ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 151.42 | 4.53 | -1.86 | .089 |
| ช่วงเวลาเย็น | 158.75 | 5.45 | | |
| ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 93.83 | 1.89 | -4.16 | .002* |
| ช่วงเวลาเย็น | 99.50 | 2.31 | | |
| อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย (กิโลแคลอรี่ต่อนาที) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 5.45 | 0.39 | -2.59 | .025* |
| ช่วงเวลาเย็น | 5.76 | 0.40 | | |
| อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกาย (กรัมต่อนาที) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 0.12 | 0.02 | .611 | .553 |
| ช่วงเวลาเย็น | 0.11 | 0.02 | | |

*ช่วงเวลาเช้าแตกต่างกับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

**ตารางที่ 3** (ต่อ)

| ช่วงเวลา | $\overline{X}$ | S.E. | t | p |
|---|---|---|---|---|
| อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกาย (กรัมต่อนาที) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 1.09 | 0.12 | -2.407 | .035* |
| ช่วงเวลาเย็น | 1.20 | 0.12 | | |
| อัตราส่วนการหายใจ | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 0.93 | 0.01 | -1.036 | .322 |
| ช่วงเวลาเย็น | 0.94 | 0.01 | | |
| ร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกาย (%) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 22.12 | 4.40 | 1.035 | .323 |
| ช่วงเวลาเย็น | 18.63 | 2.89 | | |
| ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกาย (%) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 77.88 | 4.40 | -1.036 | .322 |
| ช่วงเวลาเย็น | 81.38 | 2.89 | | |

*ช่วงเวลาเช้าแตกต่างกับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

จากตารางที่ 3 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 107.61 ครั้งต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 4.24 ครั้งต่อนาที ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 113.20 ครั้งต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.87 ครั้งต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อุณหภูมิของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 35.46 องศาเซลเซียส ส่วนค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.12 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 36.05 องศาเซลเซียส ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.09 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อุณหภูมิของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 151.42 มิลลิเมตรปรอท ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 4.53 มิลลิเมตรปรอท ส่วนความดันโลหิตช่วงที่หัวใจ บีบตัวขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 158.75 มิลลิเมตรปรอท ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 5.45 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับความดันโลหิตช่วงที่หัวใจบีบตัวขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 93.83 มิลลิเมตรปรอท ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 1.89 มิลลิเมตรปรอท ส่วนความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 99.50 มิลลิเมตรปรอท ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.31 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัวขณะออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 5.45 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.39 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ส่วนอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 5.76 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.4. กิโลแคลอรี่ต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการใช้พลังงาน ของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 0.12 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.02 กรัมต่อนาที ส่วนอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 0.11 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.02 กรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

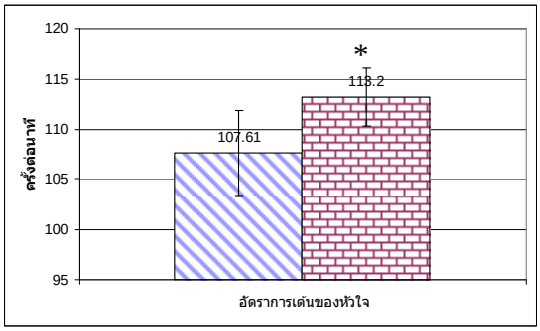
อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 1.09 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.12 กรัมต่อนาที ส่วนอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 1.20 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.12 กรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราส่วนการหายใจขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 0.93 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.01 กรัมต่อนาที ส่วนอัตราส่วนการหายใจขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 0.94 กรัมต่อนาที ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.01 กรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราส่วนการหายใจขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราส่วนการหายใจขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับอัตราส่วนการหายใจขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

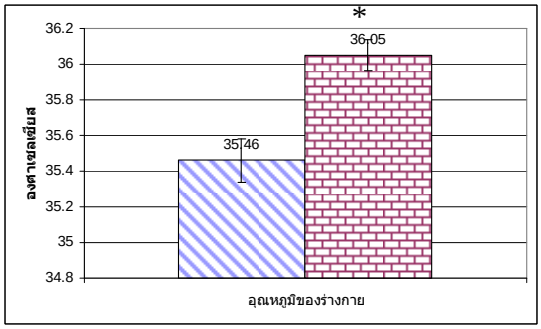
ร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 22.12 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 4.40 % ส่วนร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 18.63 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.89 % เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะพักออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 77.88 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 4.40 % ส่วนร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 81.38 % ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2.89 % เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

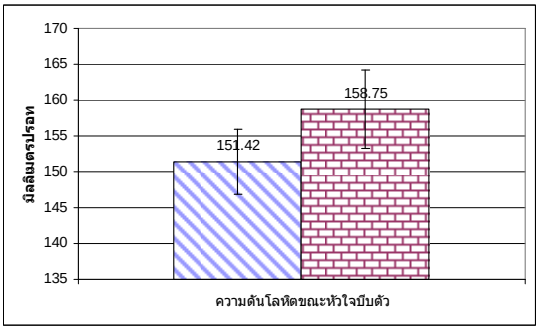
ก.



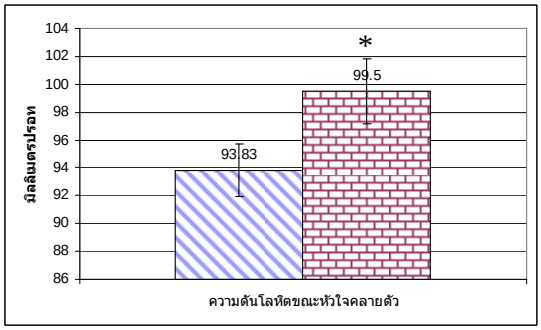

ข.




ค.



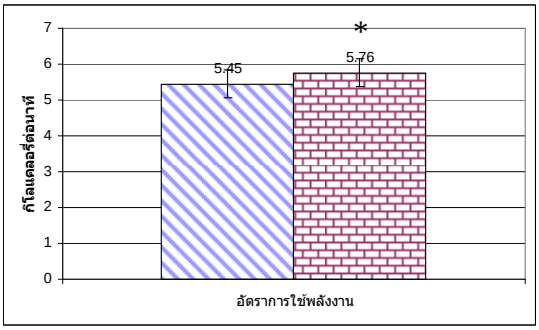

ง.



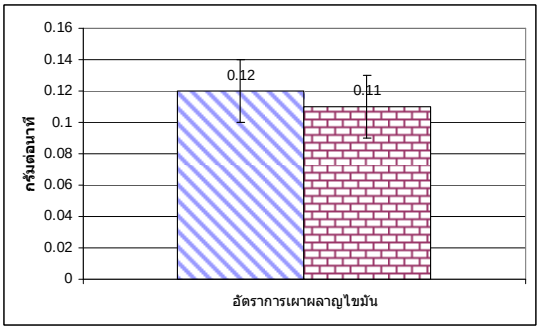

**ภาพที่ 7** แสดงการตอบสนองทางสรีรวิทยาขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้า ( ) กับช่วงเวลาเย็น ( ) ก.) อัตราการเต้นของหัวใจ ข.) อุณหภูมิของร่างกาย ค.) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ง.) ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว จ.) อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย ฉ.) อัตราการเผาผลาญไขมัน ช.) อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท ซ.) อัตราส่วนการหายใจ ฌ.) ร้อยละของการเผาผลาญไขมัน และ ฎ.) ร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรท

* ช่วงเวลาเช้าแตกต่างกับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

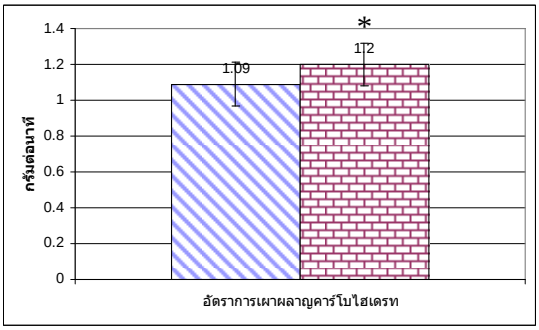
จ.



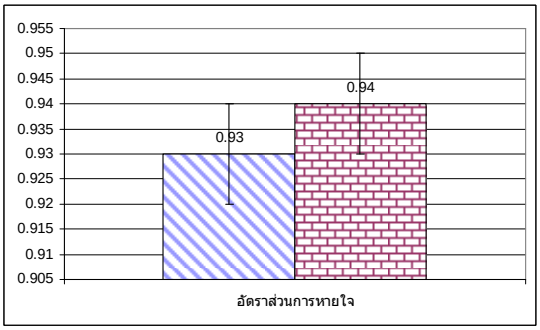

ฉ.



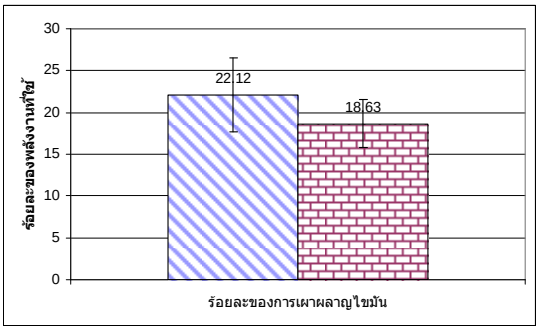

ช.



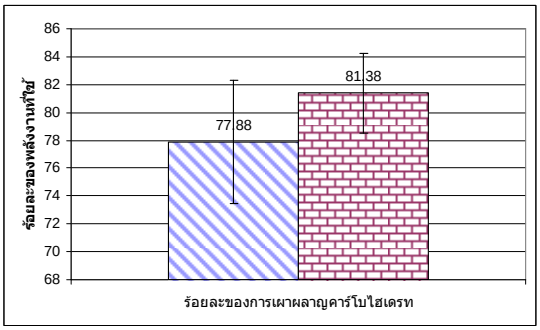

ซ.




ฌ.




ญ.




**ภาพที่ 7** (ต่อ)

**ตารางที่ 4** ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลรวมปริมาณการใช้พลังงาน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรทของร่างกาย ขณะออกกำลังกาย 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

| ช่วงเวลา | $\overline{X}$ | S.E. | t | p |
|---|---|---|---|---|
| ปริมาณการใช้พลังงานของร่างกาย (กิโลแคลอรี่) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 163.55 | 11.82 | -2.583 | .025* |
| ช่วงเวลาเย็น | 172.68 | 11.86 | | |
| ปริมาณการใช้ไขมันของร่างกาย (กรัม) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 3.62 | 0.68 | .613 | .552 |
| ช่วงเวลาเย็น | 3.24 | 0.46 | | |
| ปริมาณการใช้คาร์โบไฮเดรทของร่างกาย (กรัม) | | | | |
| ช่วงเวลาเช้า | 32.75 | 3.62 | -2.410 | .035* |
| ช่วงเวลาเย็น | 35.88 | 3.46 | | |

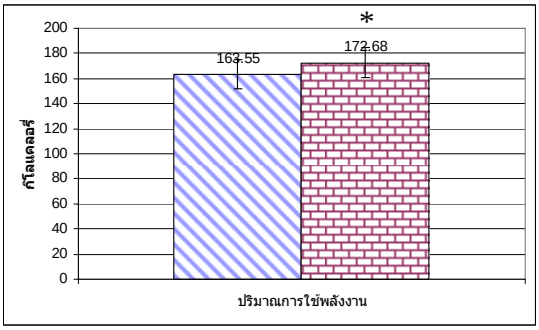
* ช่วงเวลาเช้าแตกต่างกับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

จากตารางที่ 4 ผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย 30 นาที ช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 163.55 กิโลแคลอรี่ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 11.82 กิโลแคลอรี่ ส่วนผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 172.68 กิโลแคลอรี่ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 11.86 กิโลแคลอรี่ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

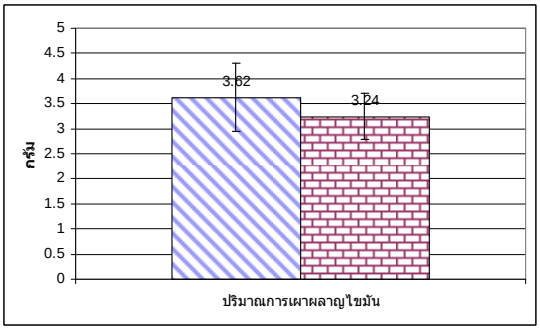
ผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย 30 นาที ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 3.62 กรัม ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.68 กรัม ส่วนผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 3.24 กรัม ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.46 กรัม เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าไม่แตกต่างกับผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลรวมปริมาณการใช้คาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย 30 นาที ในช่วงเวลาเช้ามีค่าเฉลี่ย 32.75 กรัม ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3.62 กรัม ส่วนผลรวมปริมาณการใช้คาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ย 35.88 กรัม ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3.46 กรัม เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างผลรวมปริมาณการใช้คาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ผลรวมปริมาณการใช้คาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็นสูงกว่าผลรวมปริมาณการใช้คาร์โบไฮเดรทของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

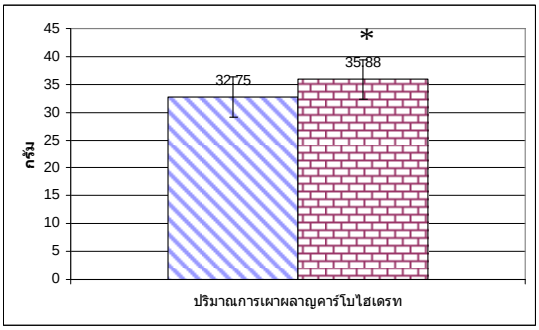
ก.




ข.




ค.




**ภาพที่ 8** แสดงผลรวมปริมาณการใช้พลังงาน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรท ขณะออกกำลังกาย 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้า (▨) กับช่วงเวลาเย็น (▦) ก.) ปริมาณการใช้พลังงานของร่างกาย ข.) ปริมาณการเผาผลาญไขมันของร่างกาย ค.) ปริมาณการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกาย

* ช่วงเวลาเช้าแตกต่างกับช่วงเวลาเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$)

## วิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ทำการทดสอบการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยาน ที่ความหนักของงานเทียบเท่า 40% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ต่อเนื่องนาน 30 นาที ต่างช่วงเวลากัน ระหว่างช่วงเวลาเช้า (6.00-7.30 น.) กับช่วงเวลาเย็น (18.00-19.30 น.) ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ชายอ้วน ซึ่งการวิจารณ์ผลการวิจัยมีดังต่อไปนี้

### ผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขณะพัก

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขณะพักของกลุ่มตัวอย่างระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็นพบว่า มีเพียงอัตราการเต้นของหัวใจ และอุณหภูมิร่างกายเท่านั้นที่มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงเวลาเย็นอัตราการเต้นของหัวใจ และอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าในช่วงเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 2) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นจากกลไกของนาฬิกาชีวภาพ กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงจะเป็นปัจจัยหลักในการส่งสัญญาณให้มีการปรับ SCN โดยเฉพาะรีเซ็ปเตอร์รับภาพ (photoreceptors) ภายในเรตินาที่จับและแปลงสัญญาณแสงเพื่อส่งไปยัง SCN รีเซ็ปเตอร์รับภาพเหล่านี้มีความแตกต่างไปจากรีเซ็ปเตอร์โรดส์ (rods) และโคนส์ (cones) ที่จะใช้ในการรับรู้หรือมองเห็นแสง ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์พบว่า เมลานอปซิน (melanopsin) เป็นโปรตีนที่พบเฉพาะในเซลล์ปมประสาทของเรตินา (retinal ganglion cell) จะเป็นตัวรับแสงที่เข้ามาจากรีเซ็ปเตอร์โรดส์ และโคนส์ ปลายปมประสาทเหล่านี้จะส่งกระแสประสาทจากเส้นประสาทการมองเห็น (optic nerve) ไปยังสมองส่วนที่รับภาพ (visual cortex) ภายในสมองส่วนท้าย (occipital lobe) การจับแสงของเซลล์ปมประสาทของเรตินาจะส่งสัญญาณผ่านส่วนเชื่อมต่อระหว่างเรตินากับไฮโปธาลามัส (retino-hypothalamic tract) ไปยัง SCN (Sherwood, 2007) เมื่อ SCN ได้รับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงในลักษณะที่มีความเข้มข้นของแสงน้อย จะส่งสัญญาณต่อไปยังต่อมไพเนียล (pineal grand) และทำการผลิตฮอร์โมนที่เรียกว่า เมลาโทนิน (melatonin) เมลาโทนินจะถูกสังเคราะห์ขึ้นจาก 5-Hydroxy tryptamine (serotonin) ถูกเร่งปฏิกิริยาทางเคมีด้วยเอนไซม์ N- Acetyl Transferase (Janardan, n.d.) ซึ่ง Kacsoh (2000) ได้กล่าวว่า เมลาโทนินจะส่งเสริมให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (cardiovascular output) ลดลง ความตื่นตัวของร่างกายลดลง อุณหภูมิร่างกายลดลง โดยในช่วงเวลากลางวันเมลาโทนินมีการหลั่งลดน้อยลง ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้มีการเพิ่มการหลั่ง

ของฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง และฮอร์โมนจากไฮโปธาลามัส ดังนั้นจึงทำให้มีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมทางกาย ความสามารถทางกาย และระดับสภาวะทางอารมณ์

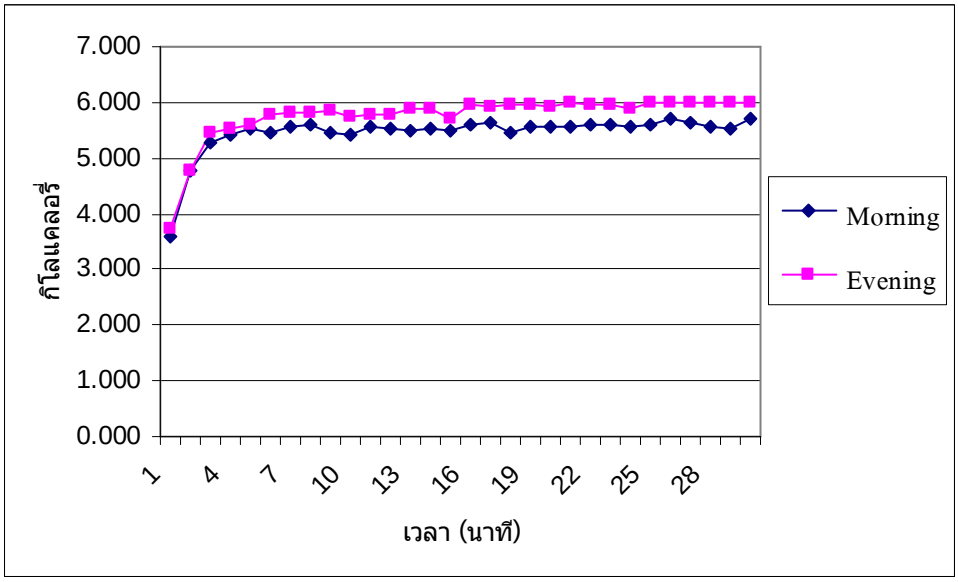
นอกจากนี้ Reilly *et al.* (1997) กล่าวว่า adrenergic activity จะสูงที่สุดในช่วงประมาณเที่ยงหรือบ่าย ซึ่งเป็นเหตุให้เพิ่มการหดตัวของหลอดเลือด (vasoconstriction) และส่งเสริมให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายสูงขึ้น และ Sherwood (2007) กล่าวว่า นาฬิกาชีวภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิของร่างกายมีการเปลี่ยนแปลง โดยปกติแล้วอุณหภูมิของร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 1 องศาเซลเซียส ตลอดทั้งวัน ซึ่งอุณหภูมิต่ำสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเช้า (6.00-7.00 น.) ก่อนที่จะค่อย ๆ สูงขึ้นจนสูงที่สุดในช่วงเวลาเย็น (15.00-17.00 น.) การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นโดยเป็นธรรมชาติของช่วงจังหวะของสิ่งมีชีวิต หรือนาฬิกาชีวภาพ กลไกดังกล่าวเป็นผลมาจากการสั่งการของระบบประสาทซิมพาเธติก (sympathetic) เมื่อระบบประสาทนี้ทำงานจะส่งผลให้ 1) ร่างกายมีการตื่นตัวกระฉับกระเฉง 2) เพิ่มการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือดจะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต อัตราการหายใจ 3) เพิ่มความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (muscle tone) 4) เร่งการสลายไกลโคเจน(glycogen) จากกล้ามเนื้อตับ และสลายไขมันจากเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) (Frederic, 2006) จึงเป็นเหตุผลให้อัตราการเต้นของหัวใจ และอุณหภูมิของร่างกายในขณะพักมีความแตกต่างกันระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

**ผลของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในขณะออกกำลังกาย**

เมื่อกลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานที่ความหนักเที่ยบเท่า 40% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ต่อเนื่องนาน 30 นาทีทั้งช่วงเช้าและช่วงเย็น พบว่าทั้งอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิของร่างกาย และความดันโลหิตช่วงหัวใจคลายตัว ในขณะออกกำลังกายช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเวลาเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 3) ด้วยกลไกของนาฬิกาชีวภาพ ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายระหว่างช่วงเวลามีความแตกต่างกัน และสอดคล้องกับ *Reilly et al.* (1997) ที่กล่าวว่า ความดันโลหิตช่วงที่หัวใจคลายตัว (ภายหลังการออกกำลังกาย) จะแปรผันตามช่วงเวลาของวัน นอกจากนั้นมีแนวโน้มว่าความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัว ในขณะออกกำลังกายช่วงเวลาเย็นมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเวลาเช้า แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม ฉะนั้นการออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้า

ค่อนข้างที่จะมีความเสี่ยงในการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิต และอัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็น

เมื่อศึกษาเกี่ยวกับระบบพลังงาน พบว่า ทั้งค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้พลังงาน (ตารางที่ 3) และผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกาย (ตารางที่ 4) ในการออกกำลังกายระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเวลาเย็นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยการออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็นร่างกายจะใช้พลังงานมากกว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้า (ภาพที่ 9) ซึ่งเป็นผลมาจากผลของช่วงเวลาของวัน ที่มีผลทำให้การออกกำลังกายระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็นนั้นอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ช่วงเวลาเย็นร่างกายมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายสูงกว่าช่วงเวลาเช้า การที่ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้นตัวรับรู้อุณหภูมิภายในไฮโปธาลามัสจะมีตอบสนองโดยเพิ่มการหลั่งของเหงื่อและกระตุ้นให้หลอดเลือดมีการขยายตัว หัวใจสูบฉีดเลือดไปยังบริเวณผิวหนังเพิ่มมากขึ้นเพื่อระบายความร้อน (Scott and Edward, 1996) กระบวนการดังกล่าวล้วนต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น ซึ่งสอดคล้องกันกับ Rising *et al.* (1992) ที่พบว่า เมื่อร่างกายมีอุณหภูมิต่ำการใช้พลังงานของร่างกายจะต่ำลงไปด้วย นอกจากนั้น Reilly *et al.* (1997) กล่าวว่าความสามารถในการหายใจออก (expiration flow) และความจุปอด (vital capacity) จะต่ำที่สุดในช่วงเวลาเช้า นอกจากนั้นผลของระบบประสาทซิมพาเธติกที่ทำงานมากที่สุดในช่วงเวลาเที่ยงหรือบ่ายซึ่งได้กล่าวไว้ในส่วนของผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขณะพัก ซึ่งจะส่งเสริมให้ร่างกายมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันในช่วงวัน ปัจจัยดังกล่าวเป็นเหตุให้การออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็นร่างกายมีการใช้ออกซิเจนได้มากกว่าในช่วงเวลาเช้าและส่งผลต่อการใช้พลังงานของร่างกาย

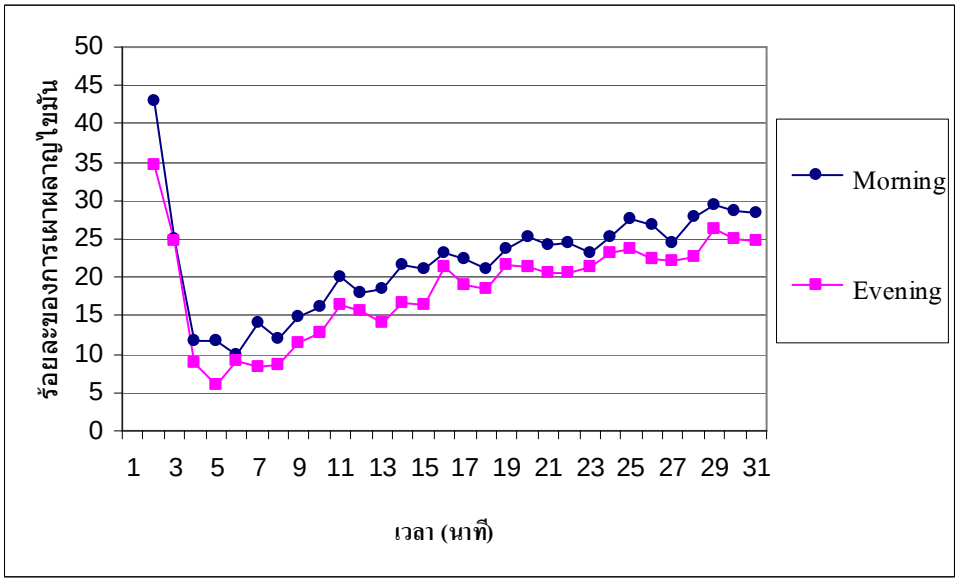



**ภาพที่ 9** แสดงค่าอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกายระดับเบา 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

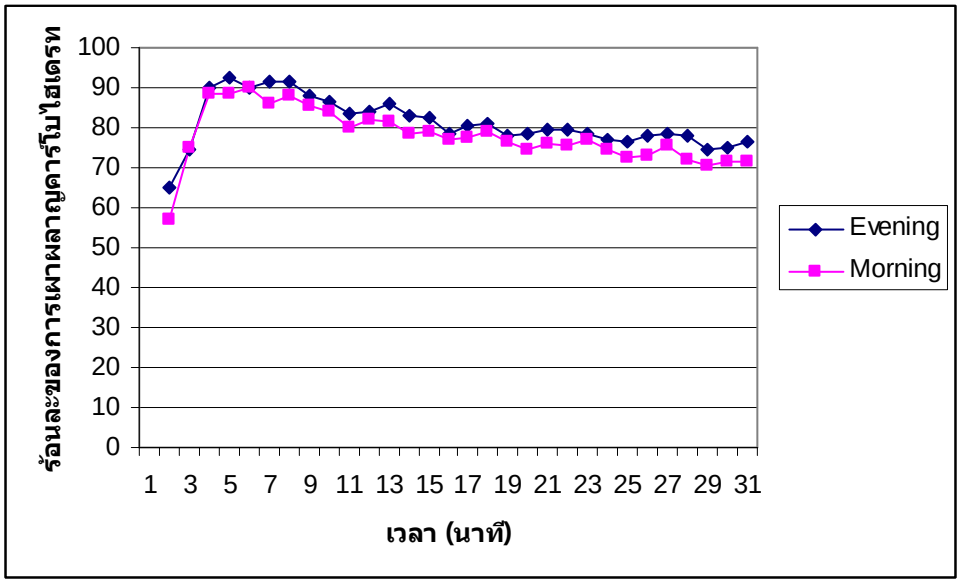
สำหรับค่าเฉลี่ยอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (ตารางที่ 3) และผลรวมปริมาณการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (ตารางที่ 4) พบว่าขณะที่ออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็นร่างกายมีการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าการออกกำลังกายช่วงเช้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากระยะเวลาในการงดรับประทานอาหารก่อนการออกกำลังกายแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าได้มีการกำหนดเงื่อนไขว่า “งดรับประทานอาหารอย่างน้อย 5 ชั่วโมงก่อนทำการออกกำลังกายระดับเบา” โดยตามความเป็นจริงแล้วการออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้านั้นกลุ่มตัวอย่างอดอาหารประมาณ 6-10 ชั่วโมง ในขณะที่การออกกำลังกายช่วงเวลาเย็นอดอาหารเพียง 5 ชั่วโมง ดังที่ Silverthorn (2007) กล่าวว่า ร่างกายเรานั้นสามารถเก็บไกลโคเจนไว้ที่ตับได้ 100 กรัม และที่กล้ามเนื้อ 200 กรัม ซึ่งสามารถให้พลังงานต่อร่างกายได้ประมาณ 10-15 ชั่วโมง ดังนั้นการออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็นร่างกายมีระดับกลูโคสสูงกว่า จึงเป็นเหตุให้ร่างกายมีการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าการออกกำลังกายในช่วงเช้า

ขณะเดียวกันค่าเฉลี่ยอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายในการออกกำลังกายระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 (ตารางที่ 3) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Bassami *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาการเผาผลาญไขมันในขณะพักและการออกกำลังกาย 2 ช่วงเวลา คือ 8.00 น. และ 20.00 น. พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

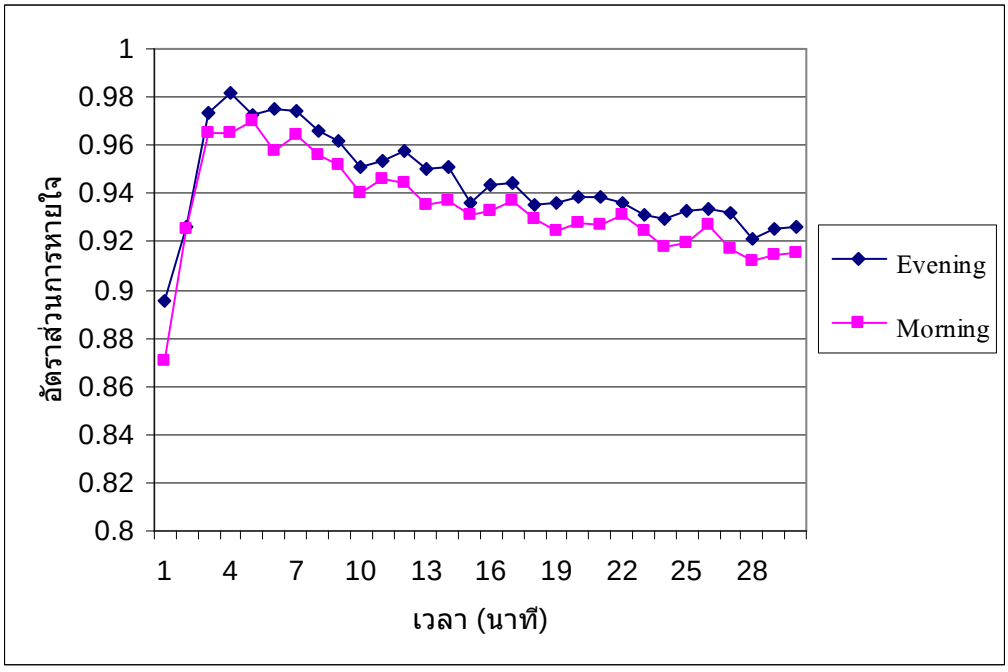
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อคิดเป็นร้อยละ พบว่าการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้ามีสัดส่วนการใช้พลังงานจากการเผาผลาญไขมันมากกว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็น (ภาพที่ 10) ถึงแม้จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลที่ได้นั้นสอดคล้องกันกับ Rhoades and Pflanzer (2003) และ Kanaley *et al.* (2001) ได้กล่าวว่า ความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอลในกระแสเลือดจะสูงที่สุดในช่วงเช้า ซึ่งอิทธิพลของฮอร์โมนคอร์ติซอลจะส่งเสริมให้มีการเพิ่มการสลายไขมันเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงาน ฮอร์โมนคอร์ติซอลจะถูกกระตุ้นให้มีการหลั่งเพิ่มมากขึ้นก็ต่อเมื่อร่างกายได้รับแรงกดดัน หรือช่วงเวลาของวันโดยจะหลั่งออกมามากที่สุดในช่วงเวลาเช้า (McArdle *et al.*, 2006) นอกจากนั้น Reilly *et al.* (1997) กล่าวว่าระดับกลูโคสในเลือดช่วงเช้าหลังจากที่มีการอดอาหารมาจากการนอนหลับนั้น ต่ำกว่าช่วงเย็นจะทำให้การออกกำลังกายในช่วงเช้ามีค่าอัตราส่วนการหายใจ (respiratory exchange ratio; RER) ต่ำกว่าในช่วงเย็น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้ดังภาพที่ 12 จึงกล่าวได้ว่าในช่วงเช้ามีสัดส่วนการใช้ไขมันในการผลิตพลังงานมากกว่าในช่วงเย็น




**ภาพที่ 10** แสดงค่าร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกาย (% FAT Oxidation) ขณะออกกำลังกายระดับเบา 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น




**ภาพที่ 11** แสดงค่าร้อยละของการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกาย (% CHO Oxidation) ขณะออกกำลังกายระดับเบา 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น




**ภาพที่ 12** แสดงค่าอัตราส่วนการหายใจขณะออกกำลังกายระดับเบา 30 นาที ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานที่ความหนักของงานเทียบเท่า 40% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ต่อเนื่องนาน 30 นาที ต่างช่วงเวลากัน ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็น (5.76±0.40 กิโลแคลอรี่ต่อนาที) สูงกว่าอัตราการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้า (5.45±0.39 กิโลแคลอรี่ต่อนาที) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า อัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้า (0.12±0.02 กรัมต่อนาที) ไม่แตกต่างกับอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็น (0.11±0.02 กรัมต่อนาที) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ค่าร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้า (22.12±4.40 %) ไม่แตกต่างกับค่าร้อยละของการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็น (18.63±2.89 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็น (172.68±11.86 กิโลแคลอรี่) สูงกว่าผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้า (163.55±11.82กิโลแคลอรี่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับเย็น พบว่า ผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเช้า (3.62±0.68กรัม) ไม่แตกต่างกับผลรวมปริมาณการใช้ไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกาย ในช่วงเวลาเย็น (3.24±0.46 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้าเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับกลุ่มบุคคลที่มีภาวะความดันโลหิตสูง หรือโรคที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด เนื่องจากการออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้าค่อนข้างที่จะมีความเสี่ยงในการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิต และอัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาเย็น นอกจากนั้นการออกกำลังกายในช่วงเช้าเมื่อคิดเป็นสัดส่วนของแหล่งพลังงานพบว่ามีการใช้ไขมันในเปอร์เซ็นต์ที่มากกว่า

ส่วนช่วงเวลาเย็นเป็นช่วงเวลาที่ร่างกายใช้พลังงานในการออกกำลังกาย และเผาผลาญสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรทมากกว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาเช้า อย่างไรก็ตามอัตราการเผาผลาญไขมันไม่มีความแตกต่างกันระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรควบคุมระยะเวลาในการงดอาหารก่อนทำการทดสอบ ให้มีช่วงเวลาห่างที่ใกล้เคียงกัน

2. ควรมีการศึกษาระดับน้ำตาลในเลือด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้

3. ควรมีการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นของผลการทดลอง

4. ควรมีการศึกษาในกลุ่มประชากร หรือกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิงหรือกลุ่มตัวอย่างที่มีช่วงอายุระดับอื่น ๆ

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง


กนกวรรณ ติลกสกุลชัย. 2544. สรีรวิทยาระบบประสาทส่วนกลาง, น. 890-1058. ใน สุพรพิมพ์, สุพัตรา โล่ห์สิริวัฒน์ และวัฒนา วัฒนาภา บรรณาธิการ. **สรีรวิทยา 3**. โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

พิชิต ภูติจันทร์. 2535. **สรีรวิทยาการออกกำลังกาย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ.เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

พีระพงศ์ บุญศิริ และภมร เสนาฤทธิ์. 2541. **โภชนาการและการออกกำลังกาย**. ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ.

มติชน. 2550. **ภัยอ้วน ยังคุกคาม 8 ปีทะลุ 1.5 พันล้าน** แหล่งที่มา: http:// news.mjob.in.th/social/cat2/news4058, 7 มกราคม 2551.

รำแพน พรเทพเกษมสันต์. 2541**. กายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยาของมนุษย์.** พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ศิลปาบรรณาคาร.

วิภา วีรวัฒน์นภากูล. 2545. ระบบต่อมไร้ท่อ. น. 360-402. ใน คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. **สรีรวิทยา**. มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิชัย ตันไพจิตร และ ปรียา ลีพหกุล. 2537. **สาเหตุและพยาธิสรีรวิทยาของโรคอ้วน.** โภชนศาสตร์คลินิก.

American college of Sports Medicine. 2002. **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 6th ed. William & Wilkins, Inc., Baltimore.

_____. 2006. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 7th ed. Lippincott William & Wilkins. Philadelphia.

Bailey, L.S. and M.M. Heitkemper. 2001. Circadian Rhytimicity of Cortisol and Body Temperature : Morningness-Eveningness Effect. **Chronobiology International**. 18 (2): 249-261.

Bassami, M., D.P.M. MacLaren, S. Ahmadizad. 2005. The Effects of Time of Day on Fat Metabolism at Rest and in Response to Sub-maximal Treadmill Exercise. **Journal of Sports Sciences**. 23 (2): 150.

Deschenes, R.M., J. V. Sharma, K.T. Brittingham, D.J. Casa, L.E. Armstrong, C.M. Maresh. 1997. Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses**.** **Eur J Appl Physiol**. 77: 249-256.

Driskell, J.A. 2000. **Sports Nutrition**. CRC Press., Boca Raton, Florida.

Durnin, J.V.G.A. and J. Womersley. 1973. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness : measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. **Br. J. Nutr**. 32: 77-97.

Frederic, H.M. 2006. **Fundamentals of Anatomy & Physiology**. 7th ed. Benjamin Cummings. San Francisco.

Germann, J.W. and L.C. Stanfield. 2002. **Principle of Human Physiology**. Benjamin Cummings. San Francisco.

Gluck, H.M. 2004. Chronobiology. **Lloyd's Equine Disease Quarterly**. 24: 540-541.

Hastings, M. 1998. The brain, circadian rhythms, and clock genes. **BJM**. 317: 1704-1707.

Haus, E. 2007. Chronobiology in the endocrine system. **Advanced Drug Delivery Reviews.** 10: 985-1014.

Hedge, A. 2007. **Biological Rhythms**. Available Source: http://ergo.human.cornell.edu/studentdownloads/DEA3250pdfs/biorhythms.pdf, October 6, 2007.

Heyward, H.V. 1997. **Advance Fitness Assessment & Exercise Prescription**. 3rd ed. Human Kinetics. Champaign, Illinois.

Janardan, V.B. n.d. **Circadian Rhythm - Physiological Basis to Clinical Application.**

Jeanick, B., F. Bieuzen, M. Giacomoni, V. Tricot and G. Falgairette. 2007. Morning to Evening Difference in Oxigen Uptake Kinetics in Short Duration Cycling Exercise. **Chronobiology International**. 24 (3) 495-506.

Kacsoh, B. 2000. **Endocrine Physiology**. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.

Kanaley, A.J., J.Y. Weltman, K.S. Pieper, A. Weltman, and M.L. Hartman. 2001. Cortisol and Growth Hormone Responses to Exercise at Different Times of Day. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**. 86: 2885**.**

Kenneth, S.S. 2004. **Anatomy & Physiology: The Unity of Form and Function**. 3th ed. McGraw-Hill Companies, Inc., Boston, Massachusetts.

Marieb, N.E. 2002. **Anatomy & Physiology**. Benjamin Cummings. San Francisco.

McArdle, D.W., F.I. Katch and V.L. Katch. 2001. **Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance.** 5th ed. Lippincott William & Wilkins. Philadelphia.

_____. 2006. **Essentials of Exercise Physiology**. 3rd ed. Lippincott William & Wilkins, Philadelphia.

Oki, O. and S. Atkinson. 2003. Diurnal patterns of cortisol and thyroid hormones in the harbor seal (Phoca vitulina) during summer and winter seasons. **General and Comparative Endocrinology**. 136: 289–297.

Plowman, A.S. and L.S. Denise. 2003. **Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance.** 2nd ed. Benjamin Cummings. San Francisco.

Pollck, L.M. and J.H. Willmore. 1990. **Exercise in Health and Disease: Evaluation and Prescription for Prevention and Rehabilitation.** W.S. Saunders Company., Philadelphia.

Reilly, T., G. Atkinson and J. Waterhouse. 1997. **Biological Rhythms and Exercise**. Oxford University Press Inc., New York.

Rhoades Rodney and Pflanzer Richard. 2003. **Human Physiology**. 4th ed. Thomson Leaning, Inc., Pacific Grove.

Rising R., Keys A., Ravussin E. and Bogardus C. 1992. Concomitant interindividual variation in body temperature and metabolic rate. **Am J Physiol Endocrinol Metab**. 263: 730-734.

Robert, A.R. and S.J. Keteyian. 2003. **Fundamental of Exercise Physiology for Fitness, Performance, and Health**. 2nd ed. McGraw-Hill Companies, Inc., Boston, Massachusetts.

Scott, K.P. and E.T. Hoeley. 1996. **Exercise Physiology Theory and Application to Fitness and Performance.** 3rd ed. McGraw-Hill Companies, Inc., Boston, Massachusetts.

Sherwood, L. 2007. **Human Physiology: From Cells to Systems**. 6th ed. Thomson Brook / Cole. South Melbourne, Australia.

Silverthorn, D.U. 2007. **Human Physiology an Integrated Approach**. 4th ed. Pearson Education, Inc., San Francisco.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

ตารางแสดงค่า RER caloric equivalent

**ตารางแสดงค่า RER caloric equivalent**

| RQ | kcal/L $O_2$ | % CHO | kcal/L $O_2$ CHO | % FAT | kcal/L $O_2$ FAT |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.047 | 100.00 | 5.047 | 0.00 | 0.000 |
| 0.99 | 5.035 | 96.80 | 4.874 | 3.18 | 0.160 |
| 0.98 | 5.022 | 93.60 | 4.701 | 6.37 | 0.230 |
| 0.97 | 5.010 | 90.40 | 4.529 | 9.58 | 0.480 |
| 0.96 | 4.998 | 87.20 | 4.358 | 12.80 | 0.640 |
| 0.95 | 4.985 | 84.00 | 4.187 | 16.00 | 0.798 |
| 0.94 | 4.973 | 80.70 | 4.013 | 19.30 | 0.960 |
| 0.93 | 4.961 | 77.40 | 3.840 | 22.60 | 1.121 |
| 0.92 | 4.948 | 74.10 | 3.666 | 25.90 | 1.281 |
| 0.91 | 4.936 | 70.80 | 3.495 | 29.20 | 1.441 |
| 0.9 | 4.924 | 67.50 | 3.324 | 32.50 | 1.600 |
| 0.89 | 4.911 | 64.20 | 3.153 | 35.80 | 1.758 |
| 0.88 | 4.899 | 60.80 | 2.979 | 39.20 | 1.920 |
| 0.87 | 4.887 | 57.50 | 2.810 | 42.50 | 2.077 |
| 0.86 | 4.875 | 54.10 | 2.637 | 45.90 | 2.238 |
| 0.85 | 4.862 | 50.70 | 2.465 | 49.30 | 2.397 |
| 0.84 | 4.850 | 47.20 | 2.289 | 52.80 | 2.561 |
| 0.83 | 4.838 | 43.80 | 2.119 | 56.20 | 2.719 |
| 0.82 | 4.825 | 40.30 | 1.944 | 59.70 | 2.880 |
| 0.81 | 4.813 | 36.00 | 1.776 | 63.10 | 3.037 |
| 0.8 | 4.801 | 33.40 | 1.603 | 66.60 | 3.197 |
| 0.79 | 4.788 | 29.90 | 1.432 | 70.10 | 3.356 |
| 0.78 | 4.776 | 26.30 | 1.256 | 73.70 | 3.520 |
| 0.77 | 4.764 | 22.30 | 1.062 | 77.20 | 3.678 |
| 0.76 | 4.751 | 19.20 | 0.912 | 80.80 | 3.839 |
| 0.75 | 4.739 | 15.60 | 0.739 | 84.40 | 4.000 |
| 0.74 | 4.727 | 12.00 | 0.567 | 88.00 | 4.160 |
| 0.73 | 4.714 | 8.40 | 0.396 | 91.60 | 4.318 |
| 0.72 | 4.702 | 4.76 | 0.224 | 95.20 | 4.476 |
| 0.71 | 4.690 | 1.10 | 0.052 | 98.90 | 4.638 |
| 0.707 | 4.686 | 0.00 | 0.000 | 100.00 | 4.686 |

**ภาคผนวก ข**

เอกสารชี้แจงข้อมูล

# เอกสารชี้แจงข้อมูล

**ชื่อโครงการ** ผลของออกกำลังกายระดับเบาช่วงเวลาเช้าและเย็นที่มีต่ออัตราการเผาผลาญไขมันในผู้ชายอ้วน

(The Effect of Low Intensity Exercise in Morning and Evening on Fat Oxidation Rate in Obese Males)

**ผู้วิจัย** นายมังกร จำเนียรสุข

**สถานที่วิจัย** ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

**วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาความแตกต่างของอัตราการเผาผลาญไขมันของร่างกายขณะออกกำลังกายระดับเบาในผู้ชายอ้วน ระหว่างช่วงเวลาเช้ากับช่วงเวลาเย็น

**รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย**

ผู้เข้าร่วมโครงการจะได้รับการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเสียก่อน เพื่อใช้ในการกำหนดความหนักของการทดสอบออกกำลังกายในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นจะได้รับการสุ่มช่วงเวลาที่ใช้ในการทดสอบการออกกำลังกาย ว่าจะได้รับการออกกำลังกายช่วงเช้าหรือเย็นเป็นลำดับแรก และการทดสอบครั้งที่สองจะห่างจากครั้งแรกอย่างน้อย 4 วัน ซึ่งมีข้อแนะนำในการปฏิบัติดังนี้

**1. การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด** การทดสอบนี้จะต้องทำการทดสอบเป็นการทดสอบแรก โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- การแต่งกาย ควรสวมเสื้อผ้า รองเท้าที่เหมาะสมในการออกกำลังกาย ระบายอากาศได้ดี
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องไม่ออกกำลังกาย หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องรับประทานอาหารก่อนเข้ารับการทดสอบไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

**2. การทดสอบออกกำลังกายช่วงเวลาเช้า (6.00-7.30 น.)** การทดสอบช่วงเวลาเช้าจะทำการทดสอบวันละ 2 คน โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- ผู้เข้าร่วมการทดสอบคนแรกต้องมาถึงสถานที่ในการทดสอบ 5.40 น. และผู้เข้ารับการทดสอบคนที่สองมาถึงสถานที่ในการทดสอบ 6.40 น.
- การแต่งกายควรสวมเสื้อผ้า รองเท้าที่เหมาะสมในการออกกำลังกาย ระบายอากาศได้ดี
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหาร ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 5 ชั่วโมง
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องรับประทานอาหารมื้อหลักก่อนที่จะทำการทดสอบให้เหมือนกันทั้งประเภทและปริมาณของอาหารทุกครั้ง
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องไม่ออกกำลังกาย หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะควรได้รับการนอนหลับก่อนวันที่จะทำการทดสอบอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

**3. การทดสอบออกกำลังกายช่วงเวลาเย็น (18.00-19.30 น.)** การทดสอบช่วงเวลาเย็นจะทำการทดสอบวันละ 2 คน โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- ผู้เข้าร่วมการทดสอบคนแรกต้องมาถึงสถานที่ในการทดสอบ 17.40 น. และผู้เข้ารับการทดสอบคนที่สองมาถึงสถานที่ในการทดสอบ 18.40 น
- การแต่งกายควรสวมเสื้อผ้า รองเท้าที่เหมาะสมในการออกกำลังกาย ระบายอากาศได้ดี
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหาร ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 5 ชั่วโมง
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องรับประทานอาหารหลักมื้อก่อนที่จะทำการทดสอบให้เหมือนกันทั้งประเภทและปริมาณของอาหารทุกครั้ง
- ผู้เข้าร่วมทดสอบจะต้องไม่ออกกำลังกาย หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

เพื่อให้ทราบว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาใดมีความเหมาะสม และสามารถช่วยให้ร่างกายเผาผลาญพลังงานและไขมันได้มากที่สุด

# บันทึกข้อความ

**ส่วนราชการ** _____

**ที่** _____ **วันที่** _____

**เรื่อง** ตอบรับการเป็นอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ

เรียน ผศ.ดร. ราตรี เรืองไทย

ด้วยข้าพเจ้า.....สังกัด/คณะ.....เบอร์โทรศัพท์..... 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 |
| ปัญหาต่อมไทรอยด์ (Thyroid Grand Problems) | ☐ มี | ☐ ไม่มี |
| ปัญหาเกี่ยวกับข้อเข่า (Knee Problems) | ☐ มี | ☐ ไม่มี |
| ไขมันในเลือดสูง (High Crolesterol) | ☐ มี | ☐ ไม่มี |
| กระดูกพรุน (Osteoporasis) | ☐ มี | ☐ ไม่มี |
| สูบบุหรี่ (Smoker) | ☐ มี | ☐ ไม่มี |
| การผ่าตัดเมื่อเร็วๆ นี้ (Recent Surgery) | ☐ มี | ☐ ไม่มี |

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

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ……..……..

(.....)

.....

**ภาคผนวก ค**

ใบบันทึกการทดสอบ

## ใบบันทึกการทดสอบ

ชื่อ-นามสกุล..... ช่วงเวลาการออกกำลังกาย.....

อายุ.....ปี ส่วนสูง.....เซนติเมตร น้ำหนัก.....กิโลกรัม ขนาดหน้ากาก.....

ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณ

ต้นแขนด้านหน้า.....เซนติเมตร ต้นแขนด้านหลัง.....เซนติเมตร

เหนือสะโพก..... เซนติเมตร ใต้สะบัก.....เซนติเมตร

ความดันโลหิตขณะพัก.....อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก.....ครั้งต่อนาที

อุณหภูมิร่างกายขณะพัก/หลังออกกำลังกาย.....แรงต้านของจักรยาน.....วัตต์

| นาที | อัตราการเต้นของหัวใจ | ความดันโลหิต | นาที | อัตราการเต้นของหัวใจ | ความดันโลหิต |
|---|---|---|---|---|---|
| Base Line 1 | | | 14 | | |
| 2 | | | 15 | | |
| 3 | | | 16 | | |
| 4 | | | 17 | | |
| 5 | | | 18 | | |
| Warm Up 1 | | | 19 | | |
| 2 | | | 20 | | |
| 3 | | | 21 | | |
| 4 | | | 22 | | |
| 5 | | | 23 | | |
| Exercise 1 | | | 24 | | |
| 2 | | | 25 | | |
| 3 | | | 26 | | |
| 4 | | | 27 | | |
| 5 | | | 28 | | |
| 6 | | | 29 | | |
| 7 | | | 30 | | |
| 8 | | | Recovery 1 | | |
| 9 | | | 2 | | |
| 10 | | | 3 | | |
| 11 | | | 4 | | |
| 12 | | | 5 | | |
| 13 | | | | | |

ยาที่ได้รับปัจจุบัน

……

……

……

ลักษณะการออกกำลังกาย

……

……

……

กิจกรรมทางกายอื่น ๆ

……

……

……

การสูบบุหรี่

……

……

……

การดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอร์

……

……

……

งานอดิเรก

……

……

……

**ภาคผนวก ง**

การวัดอุณหภูมิของร่างกาย

## การวัดอุณหภูมิของร่างกาย

**วัตถุประสงค์**

เพื่อวัดอุณหภูมิของร่างกายผ่านทางหู

**อุปกรณ์**

เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกาย ยี่ห้อ Microlife Digital Infrared Ear Thermometer

**วิธีการ**

1. เครื่องวัดอุณหภูมิจะวัดอุณหภูมิจากเยื่อแก้วหูและเนื้อเยื่อที่อยู่บริเวณรอบ ๆ เยื่อแก้วหู
2. กดปุ่ม switch on เพื่อเปิดเครื่อง
3. เมื่อเครื่องส่งเสียง “บี๊บ” 1 ครั้ง ให้สอด probe เข้าไปในรูหู โดยจับบริเวณใบหูดึงไปทางด้านหลังและยกขึ้นเล็กน้อย
4. เมื่อสอด probe เข้าไปในรูหู ขยับให้กระชับแน่นไม่มีช่องว่างระหว่าง probe กับรูหู จากนั้นจึงกดปุ่ม start
5. รอจนตัวเครื่องส่งเสียง “บี๊บ” 1 ครั้ง และค่าอุณหภูมิปรากฏขึ้นบนหน้าจอ จึงค่อย ๆ ดึง probe ออกจากรูหู

**ภาคผนวก จ**

การวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย

## การวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย

**วัตถุประสงค์**

เพื่อวัดปริมาณการใช้ออกซิเจน และการขับคาร์บอนไดออกไซด์ของร่างกาย

**อุปกรณ์**

1. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (gas analysis) ชุดอุปกรณ์ Metabolic Cart ยี่ห้อ Sensor Medics รุ่น V Max 229 Series
2. จักรยานวัดงาน รุ่น Sensor Medics Ergometrics 800

**วิธีการ**

1. เปิดเครื่องก่อนการใช้งานอย่างน้อย 30-60 นาที โดยเข้าสู่โปรแกรม V max
2. ก่อนทำการทดลอง ต้องทำการ calibrate flow เป็นลำดับแรก โดยเข้าไปที่ flow sensor calibrate (F1) บนหน้าจอ โปรแกรม V max ซึ่งทำการปฏิบัติตามขั้นตอนจนเสร็จสิ้น
3. ลำดับถัดไปทำการ calibrate standard $O_2$ และ standard $CO_2$ เริ่มจากเปิดถังก๊าซที่ใช้ calibrate (span 1 และ span 2 ถังสีขาว) และนำ mass flow sensor มาต่อกับท่อที่ใช้ในการหายใจ โดยเข้าไปที่ metabolic/exercise test แล้วกด F1 เพื่อทำการ calibrate standard $O_2$ และ standard $CO_2$ จนเสร็จสิ้น เมื่อเสร็จสิ้นแล้วให้กด F3 แล้วถอดสาย BXB เข้าไปเสียบบริเวณ flow sensor เหมือนเดิม และปิดถังก๊าซที่ใช้ในการ calibrate ให้สนิท
4. ทำการป้อนข้อมูลผู้เข้ารับการทดสอบ ซึ่งเข้าไปที่ new study หรือไปที่ find patient กรณีที่ต้องการหาข้อมูลเก่าที่เคยได้ทำการทดสอบไว้แล้ว
5. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบสวมหน้ากากที่ใช้หายใจโดยจัดให้พอดี ไม่ให้มีอากาศจากภายนอกผ่านเข้า หรืออากาศภายในรั่วออกมาได้
6. กด start เพื่อเริ่มการทดสอบ และเมื่อการทดสอบเสร็จสิ้นทำการบันทึกข้อมูลที่ได้
7. ค่าที่ได้จากการทดสอบประกอบด้วย ปริมาณการใช้ออกซิเจนของร่างกาย ปริมาณการขับคาร์บอนไดออกไซด์ของร่างกาย อัตราการหายใจ อัตราเศษส่วนการหายใจ ที่ใช้ในแต่ละนาทีของการทดสอบสามารถเรียกดูและสั่งพิมพ์ได้
8. เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบให้ปิดโปรแกรม สวิตช์ที่ตัวเครื่อง และทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

# ประวัติการศึกษา และการทำงาน

| | |
|---|---|
| ชื่อ –นามสกุล | นายมังกร จำเนียรสุข |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | วันที่ 28 กรกฎาคม 2526 |
| สถานที่เกิด | กรุงเทพมหานคร |
| ประวัติการศึกษา | ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบรรหาร-แจ่มใส วิทยา 3 อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี |
| | ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาการกีฬาและสุขภาพ วิทยาลัยพลศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี |
| | ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา (เกียรตินิยม อันดับ 1) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน | ผู้ดูแลสมรรถภาพทางกายนักกีฬาเทนนิสระดับเยาวชน ผู้ดูแลห้องออกกำลังกายประจำบริษัทยูนิลีเวอร์ |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | ชมรมเทนนิสหมู่บ้านกฤษฎานคร แจ้งวัฒนะ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย เทรดดิ้ง จำกัด |