ผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย

นางสาวณธีรา เฮงเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

EFFECTS OF CHOCOLATE MILK DRINKING UPON CARBOHYDRATE OXIDATION AND TIME OF EXERCISE TO EXHAUSTION IN MALE YOUTH

Miss Natheera Hengcharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Sports Science

Faculty of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.อรวรรณ ภู่ชัยวัฒนานนท์)

ณธีรา เฮงเจริญ : ผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย. (EFFECTS OF CHOCOLATE MILK DRINKING UPON CARBOHYDRATE OXIDATION AND TIME OF EXERCISE TO EXHAUSTION IN MALE YOUTH) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ดรุณวรรณ สุขสม, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อ.ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล, 124 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายกับเครื่องดื่มกลูโคสที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย โดยมี กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชายที่มีอายุระหว่าง 18 – 23 ปี จำนวน 14 คน ทำการทดลองเป็นรูปแบบไขว้ (Crossover Design) โดยกลุ่มตัวอย่างทุกคนได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิดก่อนการออกกำลังกาย ได้แก่ เครื่องดื่มหลอกที่มีส่วนผสมของสารให้ความหวานกับกลิ่นผลไม้ เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต ในระดับครั้งละ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ทำการออกกำลังกายหลังจากดื่มเครื่องดื่มต่าง ๆ 1 ชั่วโมงด้วยการเดินหรือวิ่งบนลู่กลด้วยความหนัก 70% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจนเหนื่อยหมดแรง วัดตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ตัวแปรด้านการออกซิเดชั่น ได้แก่ การออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต การออกซิเดชั่นของไขมัน ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด และระยะเวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

ผลการวิจัยพบว่า

1. ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวหลังการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด

2. ไม่พบความแตกต่างของการออกซิเดชั่นของไขมัน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของระดับกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มในทุกช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม พบว่าขณะออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงกลุ่มนมช็อคโกแลตมีการออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่า และมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดที่ต่ำกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. กลุ่มนมช็อคโกแลตมีระยะเวลาของการออกกำลังกายยาวนานกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า การดื่มนมช็อคโกแลตช่วยทำให้ออกกำลังกายได้ระยะเวลานานขึ้น โดยการดื่มนมช็อคโกแลตช่วยเพิ่มการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต และชะลอการลดลงของระดับน้ำตาลในเลือดขณะออกกำลังกายที่ยาวนาน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5478310239: MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS: CHOCOLATE MILK/ GLUCOSE BEVERAGE/ CARBOHYDRATE OXIDATION/ TIME TO EXHAUSTION

NATHEERA HENGCHAROEN: EFFECTS OF CHOCOLATE MILK DRINKING UPON CARBOHYDRATE OXIDATION AND TIME OF EXERCISE TO EXHAUSTION IN MALE YOUTH. ADVISOR: ASSOC. PROF. DAROONWAN SUKSOM, Ph.D., CO-ADVISOR: SUWIMOL SAPWAROBOL, Ph.D., 124 pp.

The purposes of this study were to study and compare the effects between chocolate milk and glucose drinking upon carbohydrate oxidation and time of exercise to exhaustion in male youth. Fourteen male students of the faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, ages 18 – 23 years were recruited. A crossover study was designed in this study. All subjects were received 3 kinds of drinks including placebo beverage, glucose beverage and chocolate milk (5 ml / kgBW). After drinking for 1 hour, the subjects were asked to walk - run on a treadmill with 70% of VO_2max until they were exhausted. Before and after each exercise session, heart rate, systolic and diastolic blood pressure, carbohydrate oxidation, lipid oxidation, blood sugar and lactate levels as well as times to exhaustion were measured.

The results are as follow:

1. There were no significant differences in heart rate, systolic, and diastolic blood pressure after taking all 3 kinds of drinks.

2. There were no significant differences in lipid oxidation and percentage of change in blood lactate level among groups at all times. However, chocolate milk group had significantly higher in carbohydrate oxidation and lower in percentage of change in blood glucose level at exhaustion when compared with the placebo and glucose beverage groups ($p<.05$).

3. Chocolate milk group had significantly longer in time to exhaustion than the placebo and glucose beverage groups ($p<.05$).

In conclusion, chocolate milk drinking is more likely to exercise for a longer time. It maintains the carbohydrate oxidation and glucose concentration during prolonged exercise.

Field of Study : Sports Science Student's Signature .....

Academic Year : 2012 Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยรองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์ ดร. สุวิมล ทรัพย์วโรบล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาสละเวลา ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มการวิจัยด้วยการเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ ดร. อรวรรณ ภู่ชัยวัฒนานนท์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อคิดคำแนะนำ ปรับปรุงข้อบกพร้องต่าง ๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ และถูกต้อง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน ที่ให้ความรู้ กำลังใจ และคำแนะนำต่าง ๆ ที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการวิจัย ที่สละเวลา อดทนต่อความเจ็บจากการเจาะเลือดหลายครั้ง และให้ความร่วมมืออย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ห้องวิชาการ และเพื่อน ๆ บัณฑิตศึกษา สำหรับความช่วยเหลือ กำลังใจ และให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยเสมอ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา – มารดา และญาติพี่น้อง ที่ได้ให้การสนับสนุนเรื่องการศึกษาตลอดมา ทั้งด้านกำลังทรัพย์และกำลังใจ ทำให้ผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์มาได้ และส่งผลให้ประสบความสำเร็จในด้านการเรียนครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 คำถามการวิจัย 4

1.3 สมมติฐานการวิจัย 4

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.6 คำจำกัดการที่ใช้ในการวิจัย 6

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 7

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 กีฬาและการออกกำลังกาย 10

2.2 ระบบพลังงานในการเล่นกีฬา 18

2.3 แหล่งที่มาของพลังงาน 21

2.4 นมช็อคโกแลต สารอาหารที่ใช้ในงานวิจัย 37

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41

2.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย 44

3 ระเบียบวิธีวิจัย 45

3.1 กลุ่มตัวอย่าง 45

3.2 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 46

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 47

บทที่

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ 53

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 55

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 86

5.1 สรุปผลการวิจัย 86

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 88

5.3 ข้อเสนอแนะ 91

รายการอ้างอิง 93

ภาคผนวก 102

ภาคผนวก ก 103

ภาคผนวก ข 105

ภาคผนวก ค 107

ภาคผนวก ง 109

ภาคผนวก จ 114

ภาคผนวก ช 117

ภาคผนวก ซ 122

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 124

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สารให้รสขมในช็อคโกแลตดำ 37

2.2 สารให้รสเปรี้ยวในช็อคโกแลตดำ 38

2.3 สารให้รสอร่อยในช็อคโกแลตดำ 39

2.4 สารให้รสขม และฝาดในช็อคโกแลตดำ 39

2.5 สารให้รสหวานในช็อคโกแลตดำ 40

3.1 แผนการดำเนินการเก็บข้อมูล 49

4.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย 56

4.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังดื่มเครื่องดื่มหลอก 57

4.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังการดื่มเครื่องดื่มกลูโคส 58

4.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังการการดื่มนมช็อคโกแลต 59

4.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนการดื่มเครื่องดื่มระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต 60

4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาหลังการดื่มเครื่องดื่ม 1 ชั่วโมงระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต 62

4.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต 63

4.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการออกซิเดชั่นของไขมันระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต 64

4.9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต 65

4.10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอก 67

4.11 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอก 68
4.12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส 69
4.13 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส 70
4.14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลต 71
4.15 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลต 72
4.16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต 73
4.17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต 75
4.18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอก 77
4.19 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณกรดแลคติกเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอก 78
4.20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส 79
4.21 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณกรดแลคติกเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส 80
4.22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลต 81
4.23 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณกรดแลคติกเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลต 82
4.24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต 83
4.25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง 85

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ระบบเอทีพี – ซีพี	19
2.2	วัฏจักเครบส์	21
2.3	โครงสร้างมอนอแซ็กคาไรด์	22
2.4	โครงสร้างไดแซ็กคาไรด์	23
2.5	ระบบย่อยอาหาร	27
2.6	ห่วงโซ่การส่งผ่านอิเล็คตรอน	29
2.7	พลังงานสุทธิที่ได้จากน้ำตาล	29
2.8	ไมเซลล์	31
2.9	การย่อยสลายไทรเอซิลกลีเซอรอล	32
2.10	การย่อยสลายฟอสโฟลิพิด	33
2.11	พลังงานสุทธิที่ได้จากไตรกลีเซอไรด์	35
2.12	กรอบแนวคิด	44
3.1	ขั้นตอนการเก็บข้อมูล	50
4.1	การเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ระหว่างก่อนดื่มเครื่องดื่ม และหลังการดื่มเครื่องดื่ม 1 ชั่วโมง ในกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต	62
4.2	การออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต	63
4.3	การออกซิเดชั่นของไขมัน	64
4.4	ปริมาณน้ำตาลในเลือด	66
4.5	เปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในเลือด	74
4.6	ปริมาณกรดแลคติกในเลือด	76
4.7	เปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกในเลือด	84
4.7	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง	85

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาบางประเภทใช้เวลาในการแข่งขันยาวนาน ตัวอย่างเช่น กีฬาวิ่งมาราธอน มีระยะทางในการแข่งขันถึง 42.195 กิโลเมตร หรือ 26 ไมล์ (International Association of Athletics Federations, 2009 : online) โดยมีสถิติโลกที่การแข่งขันบอสตันมาราธอน วันที่ 18 เมษายน ค.ศ. 2011 โดยนักกีฬาชาวเคนย่า ใช้เวลาในการวิ่งน้อยที่สุดถึง 2 ชั่วโมง 3 นาที 2 วินาที (Marathonguide, 2013 : online) อีกทั้งการแข่งขันไตรกีฬา ซึ่งประกอบด้วยการว่ายน้ำ 1.5 กิโลเมตร ปั่นจักรยาน 43 กิโลเมตร และวิ่ง 10 กิโลเมตรในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกที่ลอนดอน สหราชอาณาจักร โดยมีสถิติของนักกีฬาชายอยู่ที่ 1 ชั่วโมง 46 นาที 25 วินาที (Olympic London, 2012 : online) เป็นต้น โดยทั้งในการออกกำลังกายหรือการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานาน จะใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานหลัก ถ้าปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับรวมกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในร่างกายมีไม่เพียงพอ จะทำให้สมรรถนะในการแข่งขันลดลง ซึ่งเกิดจากการความเมื่อยล้าที่เกิดจากการออกกำลังกายอย่างยาวนาน อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติก (Achten et al., 2004; Ada, 2009; Costill et al., 1988; Sousa et al., 2010) ทั้งนี้เมื่อออกกำลังกายเป็นเวลานาน ระดับน้ำตาลในเลือดจะลดลง ร่างกายจึงต้องสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนคาร์โบไฮเดรตในร่างกายที่ได้ใช้หมดไปก่อให้เกิดความเมื่อยล้า และลดระยะเวลาของการออกกำลังกาย ดังนั้นการรักษาระดับไกลโคเจนเป็นสิ่งที่สำคัญในระหว่างการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลานาน (Hermansen et al., 1967; Karlsson and Saltin, 1971)

ในการเล่นกีฬา การออกกำลังกาย รวมถึงการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะเวลานาน หากนักกีฬามีการเสริมอาหารที่รับประทานง่าย ดูดซึมเร็ว สามารถช่วยชะลอความเมื่อยล้าจากกรดแลคติก และยืดเวลาการใช้น้ำตาลในเลือดที่เป็นแหล่งพลังงาน จะทำให้นักกีฬาทนกับความเมื่อยล้า และคงประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาหรือการแข่งขันได้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้นักกีฬาเป็นผู้ชนะ ที่ผ่านมามีการศึกษาถึงผลของการเสริมการบริโภคคาร์โบไฮเดรตระหว่างการออกกำลังกายเป็นเวลานาน พบว่ามีประสิทธิภาพในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดได้ดี (Coyle et al., 1986; Widrick

et al., 1993; McConell et al., 1999) และได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของอาหารเสริมเพื่อใช้ในการออกกำลังกายเป็นเวลานาน โดยในปีค.ศ.2011 โมริฟูจิ และคณะ (Morifuji et al., 2011) ได้ทำการศึกษาการบริโภคคาร์โบไฮเดรตร่วมกับกรดอะมิโนก่อนการออกกำลังกายในหนู พบว่าการบริโภคคาร์โบไฮเดรตร่วมกับกรดอะมิโนก่อนการออกกำลังกายจะกระตุ้นเอนไซม์ที่ควบคุมการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสระหว่างการออกกำลังกาย จึงช่วยลดการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ เนื่องจากสามารถรักษาระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างการออกกำลังกาย นอกจากนั้น มอนทริโอ และคณะ (Monteiro et al., 2008) ได้ศึกษาผลของกรดอะมิโนต่อการออกกำลังแบบอดทนในหนู พบว่าเวลาในการออกกำลังกายจนหมดแรงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม โดยสามารถคงสมรรถภาพในการออกกำลังกายเป็นเวลานานได้ดีกว่า ได้มีการสันนิษฐานว่าการเสริมโปรตีนเพิ่มก่อนการออกกำลังกายจะทำให้ร่างกายมีการดึงโปรตีนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ต่อจากการหมดไปของคาร์โบไฮเดรต ช่วยชะลอการสลายไกลโคเจนได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่เป็นที่สรุปว่าโปรตีนจะมีผลต่อความสามารถในการออกกำลังกายได้อย่างยาวนาน โดยไอวี และคณะ(Ivy et al., 2003)ได้ทำการศึกษาผลของคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนต่อการออกกำลังกายแบบอดทน พบว่าผู้ที่ได้ดื่มคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีนจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสูงกว่าการดื่มคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียว อีกทั้งแซนเดอร์ และคณะ (Saunder et al., 2004) ได้ศึกษาผลของเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนในการออกกำลังกายแบบอดทน พบว่าผู้ที่ได้รับเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนสามารถออกกำลังกายได้นานกว่าเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียว แต่โรมาโน และคณะ (Romano et al., 2006) ทำการศึกษาผลของคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีนต่อประสิทธิภาพการปั่นจักรยาน ซึ่งไม่พบความแตกต่างของเวลาที่ทำให้เมื่อยล้าระหว่างกลุ่มรับประทานคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีน กับกลุ่มรับประทานคาร์โบไฮเดรต และเอสเซน และไกบาลา (Essen and Gibala, 2006) ได้รายงานความล้มเหลวของเครื่องดื่มทางการกีฬาที่เพิ่มโปรตีนสำหรับเพิ่มเวลาในการออกกำลังกาย พบว่าเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนให้ผลไม่แตกต่างกับเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียว

จากการที่เครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีนมีแนวโน้มที่จะเป็นประโยชน์ต่อการออกกำลังกายแบบอดทน แต่ข้อสรุปยังไม่เป็นที่ชัดเจนนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาอาหารเสริมที่ได้ประโยชน์ใกล้เคียงกับการบริโภคคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนแต่มีราคาย่อมเยา จากการค้นคว้า

ข้อมูลพบว่านมผสมน้ำตาลเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงอีกชนิดหนึ่งที่มีความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรต อิเล็กโทรไลท์และจุลธาตุ (Micronutrients) อื่น ๆ คล้ายกับเครื่องดื่มทางการกีฬาตามท้องตลาด อีกทั้งมีโปรตีนที่เป็นสารอาหารหลัก (Macronutrients) ที่นอกเหนือจากเครื่องดื่มทางการกีฬาอื่น มีรสชาดดี รับประทานง่าย เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคมาใช้ในการศึกษา ที่ผ่านมามีเพียงการศึกษาเดียวที่ใช้นมผสมน้ำตาลเป็นอาหารเสริมเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายระยะยาวในเด็กหนุ่มสุขภาพดี (Jason et al., 2008)

นมช็อคโกแลตประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโนในปริมาณที่คล้ายกับเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรต ผสมกรดอะมิโน นอกจากนั้นช็อคโกแลตช่วยในการต้านสารอนุมูลอิสระ (McShea et al., 2011) และยังช่วยเสริมสร้างระบบหลอดเลือดเนื่องจาก ช็อคโกแลตหรือโกโก้เป็นสิ่งที่ได้จากธรรมชาติที่มีฟลาโวนอล (Flavonal) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสารฟลาโวนอยด์ ช่วยในการป้องกันการเป็นโรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือด กระตุ้นการทำงานของเกร็ดเลือด และความไวต่ออินซูลิน (Fernández-Murgaa et al., 2011) และนมช็อคโกแลตมีปริมาณเกลือแร่เทียบได้กับเครื่องดื่มทางการกีฬา นอกจากนี้นมช็อคโกแลตยังมีรสชาดที่ดี หาได้ง่าย ราคาย่อมเยา และสะดวกในการบริโภค ประกอบกับจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า นมช็อคโกแลตมีผลดีต่อการฟื้นตัวของนักกีฬา (Karp et al., 2006; Thomas et al., 2009; Stephanie et al., 2010) จากประโยชน์ข้างต้นของนมช็อคโกแลตที่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโนน่าจะสามารถชะลอการสลายน้ำตาลกลูโคส ในการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานานและช่วยในการคงสมรรถภาพของนักกีฬาให้มีสมรรถนะคงเดิมตลอดการแข่งขัน แต่ยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษาประเด็นดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตว่าจะสามารถช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือด ชะลอการเกิดกรดแลคติกในการออกกำลังกายเป็นระยะเวลานานซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดความเมื่อยล้าได้หรือไม่ แตกต่างอย่างไรจากการดื่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างเดียว ผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นอาหารเสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬาในการแข่งขันต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายส่งผลอย่างไรกับคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย

2. การดื่มนมช็อคโกแลตมีผลต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไรกับการดื่มเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกาย

สมมติฐานการวิจัย

1. การดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายมีผลดีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย

2. การดื่มนมช็อคโกแลตมีผลดีกว่าการดื่มเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกายต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของนมช็อคโกแลตกับเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาการเปรียบผลของการดื่มนมช็อคโกแลตกับเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเยาวชนเพศชาย อายุ 18 – 23 ปี จำนวน 14 คนเป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม โดยตัวอย่างทุกคนจะทำการทดลองทุกกลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มหลอกก่อนการออกกำลังกาย

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกาย

กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่ดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกาย

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variables) คือ

1) การดื่มเครื่องดื่มหลอกก่อนการออกกำลังกาย

2) การดื่มเครื่องดื่มที่กลูโคสก่อนการออกกำลังกาย

3) การดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกาย

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variables) ได้แก่

ตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่

1) น้ำหนัก ส่วนสูงและเปอร์เซ็นต์ไขมัน

2) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

3) ความดันโลหิต

4) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ตัวแปรด้านชีวเคมี ได้แก่

1) ระดับน้ำตาลในเลือด

2) ระดับกรดแลคติกในเลือด

ตัวแปรด้านความสามารถในการออกกำลังกาย

1) เวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

ตัวแปรด้านกระบวนการเผาผลาญในร่างกาย ได้แก่

1) การออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต

2) การออกซิเดชั่นของไขมัน

3.3 ตัวแปรควบคุม (Control variables) คือ

การออกกำลังกายด้วยการเดินหรือวิ่งที่ความหนัก 70 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความสามารถในการออกกำลังกายเป็นระยะเวลานาน (Prolonged exercise capacity) หมายถึง ความสามารถที่ร่างกายสามารถออกกำลังกายแบบแอโรบิกได้ยาวนาน

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2 max) หมายถึง ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนสูงสุดในเวลา 1 นาที โดยแก๊สออกซิเจนจะถูกนำไปสันดาปกับคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เพื่อให้เกิดพลังงาน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นดรรชนีบอกความสามารถในการทำงานของหัวใจ ปอด และหลอดเลือด

การออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate oxidation; CHO) หมายถึง การใช้พลังงานจากขบวนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตภายในร่างกาย ในงานวิจัยครั้งนี้ทราบได้จากสูตรการคำนวณ CHO = $(4.585 \times Vo_2) - (3.226 \times Vco_2)$

การออกซิเดชั่นของไขมัน (Fat oxidation; Fat) หมายถึง การใช้พลังงานจากขบวนการเผาผลาญไขมันภายในร่างกาย ในงานวิจัยครั้งนี้ทราบได้จากสูตรการคำนวณ Fat = $(1.695 \times Vo_2) - (1.701 \times Vco_2)$

เครื่องดื่มหลอก (Placebo) หมายถึง ของเหลวใส่กลิ่นผลไม้ และสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ซึ่งสารให้ความหวานจะไม่ให้พลังงาน

เครื่องดื่มกลูโคส (Glucose beverage) หมายถึง เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำตาลกลูโคส 6 เปอร์เซ็นต์

นมช็อคโกแลต (Chocolate milk) หมายถึง นมช็อคโกแลตปริมาตร 225 มิลลิลิตร ให้พลังงาน 190 กิโลแคลอรี่ มีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรต 25 กรัม ไขมัน 8 กรัม โปรตีน 5 กรัม โซเดียม 115 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 420 มิลลิกรัม

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

2. ทำให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกาย กับการดื่มเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

3. ได้ฐานข้อมูลสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อสมรรถภาพของนักกีฬาในระหว่างแข่งขัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง โดยเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มหลอกและเครื่องดื่มกลูโคส ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และสรุปเนื้อหาในส่วนสาระสำคัญเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ซึ่งมีหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1 กีฬาและการออกกำลังกาย

1.1 ความหมายของกีฬา และ การออกกำลังกาย

1.2 การออกกำลังกายแบบแอโรบิก

1.3 ร่างกายกับการออกกำลังกาย

1.3.1 การตอบสนองและการปรับตัวของระบบกล้ามเนื้อ

1.3.2 ความเร็วและความตึงตัวของกล้ามในระหว่างการหดตัว

1.3.3 ความร้อนที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ

1.3.4 ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อและการเจ็บปวดกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย

1.3.5 กรดแลคติกในเลือด

1.3.6 การตอบสนองและการปรับตัวของระบบไหลเวียนเลือด

2 ระบบพลังงานในการเล่นกีฬา

2.1 ระบบเอทีพี – พีซีอาร์ (ATP - PCr)

2.2 ระบบไกลโคไลติก (Glycolytis)

2.3 ระบบออกซิเดทีฟ (Oxidative)

3 แหล่งที่มาของพลังงาน

3.1 คาร์โบไฮเดรต

3.2 ไขมัน

3.3 โปรตีน

3.4 กลไกการทำงานเพื่อให้ได้พลังงาน และผลที่ได้รับ

3.4.1 การย่อย และการดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

3.4.2 คาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น

3.4.3 การย่อยและการดูดซึมไขมัน

3.4.4 ออกซิเดชั่นของไขมัน

3.4.5 การย่อย และการดูดซึมโปรตีน

3.4.6 ออกซิเดชั่นของโปรตีน

4 นมช็อคโกแลต

4.1 สารอาหารของนมช็อคโกแลต

4.2 ประโยชน์ของช็อคโกแลต

5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

1. กีฬาและการออกกำลังกาย

1.1 ความหมายของ กีฬา และ การออกกำลังกาย

กีฬา (Sport) เป็นกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว และลีลาการเล่นภายใต้กฎกติกาอย่างเป็นระเบียบ โดยมุ่งเพื่อความสนุกสนาน เพลิดเพลิน และเกิดประโยชน์ในการพัฒนาร่างกาย อารมณ์ สังคม สติปัญญา บางครั้งอาจใช้เป็นการแข่งขัน (มงคล แฝงสาเคน, 2541)

นอกจากความหมายตามที่กล่าวมาแล้ว สุนทรา กล้าณรงค์ (2540) ได้ให้ความหมายของคำว่ากีฬาซึ่งมีความหมายได้หลายทาง ดังนี้

1. กีฬาในทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย หมายถึงกิจกรรมการแข่งขัน (Compititive activities) โดยใช้สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) เป็นข้อบ่งชี้ถึงความสำเร็จหรือชัยชนะ

2. กีฬาในทางสังคม หมายถึงกิจกรรมการแข่งขันที่มีประวัติความเป็นมา มีกฎ ระเบียบกติกา และมารยาท เป็นเอกเทศเฉพาะอย่าง ในแต่ละประเภท

3. กีฬาในทางการแพทย์ หมายถึงกิจกรรมหรือการออกกำลังกาย (Exercise) เพื่อความสนุกสนาน เพลิดเพลิน และการพัฒนาสุขภาพ (Health) ตลอดจนผ่อนคลายความตึงเครียด

ความหมายของคำว่า การออกกำลังกาย (Exercise) มงคล แฝงสาเคน (2541) ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การใช้แรงของกล้ามเนื้อและร่างกายให้เคลื่อนไหว เพื่อให้ร่างกายแข็งแรง สุขภาพดี โดยจะใช้กิจกรรมใด ๆ เป็นสื่อก็ได้ เช่น กายบริหาร เดินเร็ว วิ่งเหยาะ หรือการฝึกกีฬาที่มิได้มุ่งเน้นการแข่งขัน แต่มุ่งเน้นในเรื่องของการใช้แรง การแบ่งแรงโดยการเคลื่อนไหวให้เพียงพอเหมาะสมกับสภาพของร่างกาย

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงฉลาด (2544) (อ้างถึงใน ดรุณวรรณ สุขสม, 2552) ให้ความหมายของคำว่า การออกกำลังกาย หมายถึง

1. การเคลื่อนไหวของร่างกาย หรือกิจกรรมการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการใช้มัดกล้ามเนื้อใหญ่ ๆ มากกว่าการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเฉพาะหรือมัดเล็ก ๆ กิจกรรมการออกกำลังกาย ได้แก่ กายบริหาร เกม และกิจกรรมที่มีรูปแบบ เช่น การวิ่ง การว่ายน้ำ การวิ่งเหยาะ

2. กิจกรรมการเคลื่อนไหวใด ๆ ที่ออกแบบสำหรับการฝึกหรือพัฒนาทักษะ

1.2 การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobics exercise)

การออกกำลังกายนั้นมีหลายรูปแบบซึ่งแต่ละบุคคลสามารถเลือกกิจกรรมการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับตัวเอง การเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมนอกจากจะเป็นกิจกรรมที่สร้างความพึงพอใจแก่ตนเองแล้วจะต้องสามารถก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายและจิตใจ สามารถทำให้ร่างกายมีความแข็งแรงและสมบูรณ์ด้วย การออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยพัฒนาการทำงานของร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพ การออกกำลังกายแบบแอโรบิก เป็นการออกกำลังกายที่ใช้เวลานานเพียงพอที่ร่างกายจะต้องใช้พลังงานจากออกซิเจนที่หายใจเข้าไป เพื่อกระตุ้นการทำงานของหัวใจ และปอด และเกิดกระบวนการสร้างพลังงานในกล้ามเนื้อ และสร้างพลังงานได้อย่างต่อเนื่อง กิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 20 นาทีเป็นต้นไป เช่นการเดินเร็ว การวิ่งเหยาะ ๆ การปั่นจักรยาน ว่ายน้ำ เป็นต้น การออกกำลังกายแบบนี้นอกจากจะช่วยให้มีการพัฒนาการทำงานของระบบกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบหายใจ ระบบประสาท แล้วยังช่วยในการควบคุมน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2524) ให้ความหมายของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic) หมายถึง การทำกิจกรรมอะไรก็ได้ที่เพิ่มระดับการใช้พลังงานให้อยู่ภายในช่วงที่สามารถนำออกซิเจนที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และการออกกำลังกายนั้นต้องอยู่ในระดับปานกลางที่จะสามารถออกกำลังกายได้นานพอสมควร

อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม (2528) กล่าวว่าจุดมุ่งหมายในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกนั้น คือ ต้องการบหิหารร่างกาย เพิ่มความสามารถสูงสุดในการรับออกซิเจนซึ่งเรียกว่า “ปริมาณแอโรบิก” (Aerobic Capacity) ซึ่งจะทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้นเพื่อให้ได้ปริมาณอากาศมากที่สุด หัวใจเต้นเร็วขึ้น

และสูบฉีดเลือดแรงขึ้น เลือดมีการไหลเวียนมากขึ้น ออกซิเจนถูกกระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพิ่มขึ้น

1.3 ร่างกายกับการออกกำลังกาย

เมื่อมีการออกกำลังกาย ร่างกายจะมีการตอบสนองและการปรับตัว (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536 อ้างถึงใน ดรุณวรรณ สุขสม, 2552) การออกกำลังกายครั้งเดียว (Single) หรือการออกกำลังกายแบบทันทีทันใด (Acute exercise) จะทำให้ร่างกายมีการตอบสนอง (Response) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราวและหมดไปในระยะสั้นภายหลังหยุดออกกำลังกาย เช่น การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด หรืออัตราการหายใจ ซึ่งมักจะสิ้นสุดหลังการออกกำลังกายไม่กี่นาที แต่หากมีการออกกำลังกายซ้ำ ๆ กัน (Repeat หรือ Chronic exercise) โดยใช้เวลานานหลายสัปดาห์ จะทำให้ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงการตอบสนอง ตัวอย่างเช่น เมื่อให้ออกกำลังกายด้วยความหนักต่ำกว่าระดับสูงสุดซ้ำ ๆ กัน ทุกวันเป็นเวลาหลายสัปดาห์ จะทำให้การตอบสนองเปลี่ยนแปลงไป คือ อัตราการเต้นของหัวใจซึ่งเคยเต้นเร็วเมื่อออกกำลังกาย ก็จะเต้นช้างลงกว่าเดิมเมื่อออกกำลังกายด้วยความหนักเท่าเดิม เนื่องจากหัวใจมีการปรับตัว (Adaptation) เช่น ผนังหนาขึ้น บีบตัวได้แรงขึ้น เป็นต้น การตอบสนองและการปรับตัวของร่างกายนี้ จะเกิดขึ้นในหลายระบบ ได้แก่ ระบบกระดูกและข้อต่อ ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท ระบบไหลเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบต่อมไร้ท่อ แต่จะขอกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะระบบที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการวิจัยนี้ ได้แก่ ระบบกล้ามเนื้อ และระบบไหลเวียนเลือด

1.3.1 การตอบสนองและการปรับตัวของระบบกล้ามเนื้อ

การออกกำลังกายจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ ดังนี้ (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536 อ้างถึงใน ดรุณวรรณ สุขสม, 2552)

1.3.1.1 พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ

พบว่าการออกกำลังกายทำให้พื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional area) โตขึ้น และมีความสัมพันธ์โดยตรง ระหว่างการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดกับการเพิ่มแรงของกล้ามเนื้อ แต่ก็ยังมีข้อ

ถกเถียงกันว่าการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดนั้น จะเป็นการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) หรือเพิ่มจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hyperplasia)

1.3.1.2 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

ใยกล้ามเนื้อของมนุษย์ประกอบด้วยใยกล้ามเนื้อแตกต่างกัน มีความแปรผันระหว่างกล้ามเนื้อแต่ละมัดและระหว่างคนแต่ละคน เมื่อได้รับการฝึกจะมีการเปลี่ยนแปลงของใยกล้ามเนื้อทั้งชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch, FT) และชนิดหดตัวช้า (Slow twitch, ST) พบว่าผลของการฝึกทำให้มีการตอบสนองจำเพาะต่อใยกล้ามเนื้อทั้งชนิดหดตัวเร็วและชนิดหดตัวช้า การเปลี่ยนแปลงจำเพาะดังต่อไปนี้

ทางด้านการเปลี่ยนแปลงแอโรบิก พบว่ามีการเพิ่มใยกล้ามเนื้อทั้งชนิดหดตัวเร็วและชนิดหดตัวช้า

การเปลี่ยนแปลงความจุของระบบไกลโคไลซิส (Glycolysis capacity) พบในใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า

มีหลักฐานแสดงว่าการฝึกแอโรบิกจะทำให้ใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วบี (FT_B) ค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเอ (FT_A) แต่ไม่มีการเปลี่ยนสัดส่วนของใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าต่อใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว

1.3.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายหลังการฝึกเป็นได้ทั้งการเปลี่ยนแปลงทางแอโรบิก (Aerobic changes) และการเปลี่ยนแปลงทางแอนแอโรบิก (Anaerobic changes)

1.3.1.3.1 การเปลี่ยนแปลงทางแอโรบิก (Aerobic changes) เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ ที่เป็นผลจากการฝึกความทนทาน (Endurance training)

เพิ่มปริมาณของไมโอโกลบิน (Myoglobin) เป็นที่ทราบกันว่าไมโอโกลบินทำหน้าที่คล้ายฮีโมโกลบิน คือ เก็บสำรองออกซิเจนไว้ในกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ดีการ

เก็บสำรองออกซิเจนถือว่าเป็นหน้าที่ย่อยเพราะเก็บได้ไม่มาก ส่วนหน้าที่หลักคือช่วยส่งออกซิเจนจากเยื่อหุ้มเซลไปยังไมโตคอนเดรีย ซึ่งไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อลายจะเพิ่มขึ้นได้ภายหลังการฝึก

การเพิ่มออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต (ไกลโคเจน) การฝึกจะทำให้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลายสลายได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก (1) ไมโตครอนเดรียในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นทั้งจำนวนและขนาด (2) เพิ่มความเข้มของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรเครบส์ และระบบการขนส่งอิเลคตรอน

การเพิ่มออกซิเดชั่นของไขมัน ไขมันเป็นต้นตอของพลังงานที่สำคัญสำหรับการออกกำลังกายที่ใช้ความอดทน พบว่า หลังจากการฝึกแบบทนทาน (Endurance training) ทำให้ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกซิไดซ์ไขมันเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก (1) กล้ามเนื้อเก็บไตรกลีเซอไรด์ไว้มากขึ้น (2) เพิ่มอัตราการปลดปล่อยกรดไขมันจากกล้ามเนื้อ (3) เพิ่มการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในการขนส่งและสลายกรดไขมัน

1.3.1.3.2 การเปลี่ยนแปลงทางแอนแอโรบิก (Anaerobic changes) การเปลี่ยนแปลงทางด้านแอนแอโรบิคในกล้ามเนื้อจากการฝึกนั้น คือ

1) การทำงานของระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen (ATP-PC) system) เพิ่มขึ้น

2) เพิ่มการทำงานของแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis)

1.3.2 ความเร็วและความตึงตัวของกล้ามในระหว่างการหดตัว

ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะลดลงเมื่อความหนักของงานเพิ่มมากขึ้น เมื่อกล้ามเนื้อที่บริเวณแขนได้รับการกระตุ้นให้หดตัวด้วยอัตราเร็วสูงสุดจำนวนหน่วยยนต์ที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อที่บริเวณแขนจะมีจำนวนเท่ากัน ไม่ว่าการหดตัวนั้นเป็นการหดตัวที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำหนัก (เช่น การยกดัมเบลล์ หรือบาร์เบลล์) หรือไม่เกี่ยวข้องก็ตาม อย่างไรก็ดี ในกรณีที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวโดยเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำหนักการกระตุ้นของกระแสประสาทให้หน่วยยนต์ทำงานจะเกิดขึ้นนานกว่า ผู้วิจัยสรุปว่า ไม่ว่าจะเป็นงานชนิดใด กระแสประสาทจะถูกกระตุ้นทำให้มีจำนวนของหน่วยยนต์ที่ใช้ในการทำงานเท่ากัน ด้วยเหตุนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงควรพิจารณาเกี่ยวกับคุณสมบัติของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมากกว่าการพิจารณาเกี่ยวกับระบบประสาทกลาง

1.3.3 ความร้อนที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ

การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นผลทำให้เกิดความร้อนในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ความร้อนจะเกิดขึ้นพร้อมกับการหดตัวของกล้ามเนื้อไม่ว่าจะเป็นการหดตัวแบบไอโซโทนิค ไอโซเมตริค หรือไอโซคิเนติคก็ตาม นอกจากนั้น ความร้อนในกล้ามเนื้อยังเกิดขึ้นได้ในขณะกล้ามเนื้อคลายตัวและในขณะกำลังคืนสู่สภาพปกติ

การผลิตความร้อนในกล้ามเนื้อ แบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้

1. ความร้อนที่เกิดขึ้นในช่วงที่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้น เกิดจากการแยกตัวออกของสารแคลเซียมไอออนส์ในท่อซาร์โคพลาสมิคเรติคูลั่ม ซึ่งทำให้เกิดสภาพดีโพลาร์ไรเซชั่นของเยื่อหุ้มกล้ามเนื้อ หรือเรียกว่าเป็นระยะเตรียมในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

2. ความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า เกิดจากการจับตัวของเส้นใยแอ็คทินกับเส้นใยไมโอซินในการหดตัวแบบไอโซเมตริค หรือการเลื่อนเข้าหากันของเส้นใยแอ็คทินกับเส้นใยไมโอซินในการหดตัวแบบไอโซโทนิคหรือไอโซคิเนติค รวมทั้งการแตกตัวของเอทีพี เพื่อเป็นพลังงาน

3. ความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะกล้ามเนื้อคลายตัว เกิดจากการคลายการเกร็งของกล้ามเนื้อในการหดตัวแบบไอโซเมตริค หรือการเลื่อนออกจากกันของเส้นใยแอ็คทิน และเส้นใยไมโอซินในการหดตัวแบบไอโซโทนิค หรือไอโซคิเนติค

4. ความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะที่ร่างกายกำลังคืนสู่สภาพปกติ เกิดจากการทำงานของขบวนการเมตะบอลิซึมในร่างกายที่ทำงานเพื่อชดเชยสารอาหารในกล้ามเนื้อที่ถูกใช้ไปในขณะหดตัว

1.3.4 ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อและการเจ็บปวดกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย

จากการศึกษาทดลองที่ผ่านมาในอดีตจนถึงปัจจุบันได้แสดงให้เห็นว่า หน่วยยนต์ที่เกี่ยวข้องกับเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วจะเหมื่อยล้าเร็วกว่าหน่วยยนต์ที่เกี่ยวข้องกับเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้า

เนื่องจากความเมื่อยล้าของร่างกายเป็นอุปสรรคต่อการเล่นกีฬา เป็นที่ทราบกันดีว่าการออกกำลังกายจนเมื่อยล้าจะเป็นผลเสีย คือ จะทำให้สมรรถภาพของกล้ามเนื้อลดลง อย่างไรก็ดี ได้มีการพบว่าการฝึกจนเมื่อยล้าจะสามารถทำให้ผลของการฝึกที่ดีขึ้นได้โดยเฉพาะในระยะยาว

ดังนั้น นักสรีรวิทยาการออกกำลังกายเป็นจำนวนมาก ได้พยายามศึกษาค้นคว้าวิธีในการที่จะเลื่อนชะลอจุดที่ร่างกายเมื่อยล้าในระหว่างเล่นกีฬา ทั้งนี้เพราะการเลื่อนชะลอเมื่อยล้าของร่างกาย จะทำให้นักกีฬาสามารถแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นตลอดการแข่งขัน การฝึกซ้อมถูกต้องตามหลักวิชาการจึงมีส่วนเกี่ยวข้องเป็นอย่างมาก เช่น การฝึกซ้อมจะทำให้ร่างกายของนักกีฬาทำงานได้หนักเพิ่มขึ้น โดยมีการสะสมของกรดแลคติคน้อยลงภายในร่างกาย นอกจากนั้นการฝึกซ้อมยังทำให้เกิดการสำรองการใช้ไกลโคเจนภายในร่างกาย ทำให้นักกีฬาสามารถนำไขมันมาใช้เป็นพลังงานได้มากขึ้น ซึ่งหมายความว่าไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อและตับจะไม่ถูกนำมาใช้จนหมดเร็วเกินไป และก็จะทำให้ความเมื่อยล้าเกิดขึ้นช้าลง สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือการฝึกซ้อมจะทำให้นักกีฬาสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี เช่น การฝึกซ้อมในที่ ๆ มีอุณหภูมิสูง จะช่วยในการลดภาวะที่อุณหภูมิภายในร่างกายสูงเกินไป ตลอดจนลดภาวการณ์สูญเสียน้ำ และสารประเภทสื่อไฟฟ้าภายในร่างกาย

อาการเจ็บปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายนั้น เป็นภาวะที่พบได้บ่อย อาจพบทันทีขณะออกกำลังกาย หรือพบภายหลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 1-2 วัน

1.3.5 กรดแลคติกในเลือด

กรดแลคติก ได้มาจาก ไพรูเวท โดยอาศัย เอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนส (Enzyme lactate dehydrogenase : LDH) ในระหว่างการเผาผลาญอาหารและการออกกำลังกายตามปกติ เมื่ออัตราการผลิตกรดแลคติกเกินกว่าอัตราการกำจัดกรดแลคติก จะทำให้ความเข้มข้นของกรดแลคติกใน

เลือดสูงขึ้น ความเข้มข้นของกรดแลคติกจะถูกควบคุมโดยปัจจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการขนส่งโมโนคาร์บอกซิเลท (Monocarboxylate transporters) ความเข้มข้นและไอโซฟอร์มของเอลดีเอช และความจุออกซิเดชันของเนื้อเยื่อ ปกติในระหว่างพัก ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดเป็น 1-2 มิลลิโมล / ลิตร แต่ในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดสามารถขึ้นไปมากกว่า 20 มิลลิโมล / ลิตร

ในระหว่างการออกกำลังกายที่ใช้พลังงาน เช่น การวิ่ง เมื่ออัตราของความต้องการพลังงานสูง กลูโคสจะถูกทำลายลงและออกซิไดซ์เป็น ไพรูเวท ต่อจากนั้นไพรูเวทจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกในอัตราที่เร็วกว่าอัตราที่ เนื้อเยื่อสามารถขจัดออกได้ ดังนั้นความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจึงเริ่มที่จะปรับตัวสูงขึ้น การผลิตกรดแลคติกเป็นกระบวนการที่เป็นประโยชน์ เพราะมัน จะให้ เอ็นเอดี อิออน (NAD +) ซึ่งจะใช้ในการสร้างไพรูเวทจากกลูโคส ทำให้มีการผลิตพลังงานอย่างคงที่และสามารถออกกำลังได้ต่อเนื่อง กรดแลคติดที่เพิ่มขึ้นสามารถขจัดออกได้ในสองวิธีคือ

1. ออกซิเดชันกลับไปเป็นไพรูเวท โดยออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ จากนั้น ไพรูเวทจะถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในวงจรเครบส์โดยตรง

2. เปลี่ยนแปลงกลับไปเป็นกลูโคสโดยกระบวนการกลูโคนีโอจีนีซิส (Gluconeogenesis) ในตับและปล่อยกลับเข้ามาในกระแสเลือด ดูวงจรโคริ (Cori cycle) (McArdle et al., 2010) ถ้าไม่ปล่อยกลูโคสกลับเข้ามาในกระแสเลือด กลูโคสจะสามารถเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนสะสมในตับ (McArdle et al., 1994)

1.3.6 การตอบสนองและการปรับตัวของระบบไหลเวียนเลือด

ระบบไหลเวียนโลหิต มีวิวัฒนาการขึ้นมาเพื่อใช้เป็นสื่อกลางในการติดต่อระหว่างเซลล์ทั่วร่างกายกับภายนอก ไม่ว่าจะเป็นอาหารหรือน้ำที่ต้องนำเข้าเพื่อเอาไปย่อย ดูดซึม และแจกจ่ายให้แก่เซลล์ หรือของเสีย (Metabolic wastes) ที่เกิดขึ้นจากการสันดาปภายในเซลล์ (Internal combustion) ซึ่งต้องนำออกไปเพื่อขับหรือกำจัดทิ้ง จะเห็นได้ว่าหน้าที่หลักของระบบไหลเวียนก็คือการขนส่งของที่นำไปใช้ในการสร้างพลังงาน (Supply metabolic needs) และขณะเดียวกันก็

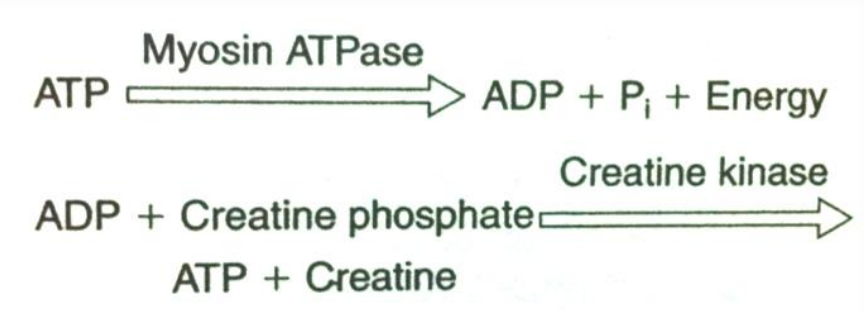
ชะล้างของเสียที่เกิดจากการสร้างพลังงาน (Washout metabolic wasted) เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมทั้งภายนอก และภายในเซลล์ให้อยู่ระดับปกติอยู่ตลอดเวลา (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัชน์, 2536, อุดม ทิพยมนตรี, 2540 อ้างถึงใน ดรุณวรรณ สุขสม 2552)

2. ระบบพลังงานในการเล่นกีฬา

ระบบพลังงานสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่

2.1 ระบบเอทีพี – พีซีอาร์ (ATP - PCr)

เมื่อมีการออกกำลังกายระบบพลังงานแรกที่จะใช้ในการเคลื่อนไหวคือ เอทีพี ซึ่งจะถูกตัดโมเลกุลฟอสเฟตออก 1 โมเลกุล และเปลี่ยนเป็น เอดีพี (ADP) ในการที่จะทำให้เอดีพีเปลี่ยนเป็นเอทีพีเพื่อให้พลังงานนั้นต้องผ่านกระบวนการฟอสโฟรีเลชัน (Phosphorylation) โดยจะทำการตัดฟอสเฟตในพีซีอาร์โดยมีเอนไซม์ครีเอทีน ไคเนส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Wilmore JH and Costill DL, 2005) ระบบพลังงานนี้สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจน เอทีพีสามารถใช้ได้ 5 วินาที หลังการออกกำลังกาย ต่อมาพีซีอาร์จะเป็นแหล่งฟอสเฟต สำหรับการเปลี่ยน เอดีพี ให้กลายเป็นเอทีพีในเวลา 5 – 8 วินาที ดังนั้นในระบบนี้สามารถออกกำลังกายได้ 3 – 15 วินาที และเป็นช่วงเวลาที่ร่างกายสามารถออกแรงได้มากที่สุด (Baechle TR and Earle RW, 2000) ถ้ามีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเกินกว่าระยะเวลานี้ร่างกายต้องพึ่งพาระบบพลังงานอื่นเพื่อผลิตเอทีพี



รูปที่ 2.1 ระบบเอทีพี – ซีพี

ที่มา: (Baechle and Earle, 2005: 75)

2.2 ระบบไกลโคไลติก (Glycolytis)

ไกลโคไลซิส (Glycolysis) เป็นกระบวนการสลายน้ำตาลกลูโคสเพื่อให้ได้พลังงาน ซึ่งกระบวนการนี้มีผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือกรดไพรูวิก และสามารถเกิดกระบวนการได้ 2 ทางได้แก่ แอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ซึ่งมีผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นกรดแลคติก และแอโรบิกไกลโคไลซิส มีผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นไพรูเวท ซึ่งจะถูกส่งผ่านเข้าสู่กระบวนการเครบส์ต่อไป ตัวแปรที่กำหนดว่าจะเข้ากระบวนการแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส หรือแอโรบิกไกลโคไลซิสนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจน (Wilmore JH and Costill DL, 2005) ทั้งนี้กระบวนการไกลโคไลซิสสามารถเรียกชื่อได้อีก 2 ชื่อตามความเร็วของวิถีปฏิกิริยา นั่นคือ ไกลโคไลซิสวิถีเร็วในกรณีที่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นกรดแลคติก และไกลโคไลซิสวิถีช้าในกรณีที่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นไพรูเวทซึ่งถูกจะนำเข้าสู่กระบวนการเครบส์ต่อไป อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์สุดท้ายของระบบไกลโคไลซิสวิถีเร็วนี้เป็นกรดแลคติกจึงทำเกิดความเมื่อยล้า ซึ่งระบบไกลโคลไลซิสวิถีเร็วสามารถผลิตพลังงานได้มากกว่าระบบไกลโคไลซิสวิถีช้า (Baechle TR and Earle RW, 2000) ผลของระบบไกลโคไลซิสวิถีเร็วจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการออกกำลังกายได้ 10 วินาที โดยผลที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วนี้จะเกิดควบคู่กับการลดลงของเอทีพี – ซีพีอาร์ การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 30 วินาทีพลังงานส่วนใหญ่จะได้จากไกลโคไลซิสวิถีเร็ว (McArdle WD, Katch FI and Katch VL, 2001) หลังจากนั้นเมื่อออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง 45 วินาทีจะถือว่าเป็นการลดลงครั้งที่ 2 ในระบบพลังงาน

2.3 ระบบออกซิเดทีฟ (Oxidative)

ระบบออกซิเดทีฟประกอบด้วย 4 ขั้นตอนในการผลิตเอทีพี ได้แก่ ไกลโคไลซิสวิถีช้า วัฏจักรเครบส์ การขนส่งอิเล็กตรอน (Electron transportation chain) และเบต้าออกซิเดชัน

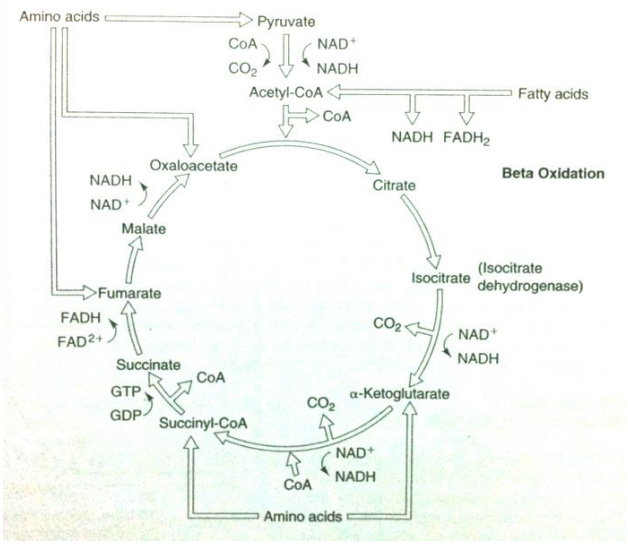
- ไกลโคไลซิสวิถีช้า คือปฏิกิริยาชุดเดียวกันกับไกลโคไลซิสวิถีเร็วซึ่งกลูโคสจะถูกสลายและได้พลังงาน 2 เอทีพี แต่ความแตกต่างอยู่ที่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นอะซิทีลโคเอ็นไซม์เอ (Acetyl Co Enzyme A) มากกว่ากรดแลคติก (Wilmore JH and Costill DL, 2005)

- วัฏจักรเครบส์ เป็นชุดของปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อนซึ่งเกี่ยวข้องกับการสลายกลูโคส ที่เริ่มต้นตั้งแต่ช่วงปฏิกิริยาไกลโคไลซิส โดยโคเอ็นไซม์เอ จะเข้าสู้วัฏจักรเครบส์และสลายเป็น

คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนและเกิด 2 เอทีพี แต่ไฮโดรเจนที่ผลิตในวงจรเครบร์ และไฮโดรเจนที่ผลิตในช่วงไกลโคไลซิสจะทำให้เซลล์มีสภาวะเป็นกรดมากเกินไป (McArdle WD, Katch FI and Katch VL, 2001) ดังนั้นไฮโดรเจนจะรวมตัวกับ 2 เอนไซม์ที่เรียกว่า เอ็นเอดี (NAD) เอฟเอดี (FAD) และมีการขนส่งเข้าสู่ปฏิกิริยาอื่นต่อไป

- การขนส่งอิเล็กตรอนนั้น ไฮโดรเจนจะถูกส่งเข้าสู่ห่วงโซ่การส่งผ่านอิเล็กตรอน ซึ่งจะรวมตัวกับออกซิเจนและได้น้ำ จึงป้องกันการเป็นกรด ซึ่งช่วงนี้จะต้องมีออกซิเจนมาทำปฏิกิริยาที่จะทำให้เกิด 34 เอทีพี (McArdle WD, Katch FI and Katch VL, 2001)

- เบต้า ออกซิเดชัน แตกต่างจากไกลโคไลซิส วัฏจักรเครบส์ การขนส่งอิเล็กตรอนตรงที่สามารถสลายไขมัน เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรตในการผลิตเอทีพี ไลโพไลซิส (Lipolysis) เป็นคำที่อธิบายการสลายไขมัน (ไตรกลีเซอไรด์) ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ (McArdle WD, Katch FI and Katch VL, 2001) ก่อนที่กรดไขมันอิสระเหล่านี้จะเข้าสู่วัฏจักเครบร์ได้นั้น ต้องผ่านกระบวนการเบต้าออกซิเดชัน เพื่อแตกกรดไขมันอิสระเป็นอะซิทีลโคเอ็นไซม์เอ และไฮโดรเจน แล้วสามารถเข้าสู่วัฏจักรเครบร์และจากจุดนี้จะสามารถเผาผลาญไขมันตามเส้นทางเดียวกับคาร์โบไฮเดรต (Wilmore JH and Costill DL, 2005)



ภาพที่ 2.2 วัฏจักรเครบส์

ที่มา: (Baechle and Earle, 2005: 80)

3. แหล่งที่มาของพลังงาน

3.1 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) เป็นสารชีวโมเลกุลที่สำคัญชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ที่ทำหน้าที่เป็นพลังงานให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม ที่พบในชีวิตประจำวันทั่วไปได้แก่ น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน โดยที่ส่วนใหญ่พบแป้งและเซลลูโลสในพืช ส่วนไกลโคเจนพบในเซลล์เนื้อเยื่อ น้ำไขข้อและผนังเซลล์ของสัตว์จะถูกเก็บในกล้ามเนื้อ และตับ ไกลโคเจนที่สะสมไว้ที่ตับสามารถรักษาระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด เมื่อมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอเป็นเวลา 18 ชั่วโมงร่างกายจะเริ่มสลายโปรตีนในร่างกายเป็นผลให้เกิดปัญหาเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อลดลง (Gordon M. Wardlaw and Anne M. Smith, 2009)

ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มอนอแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide) ไดแซกคาไรด์ (Disaccharide) และพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide)

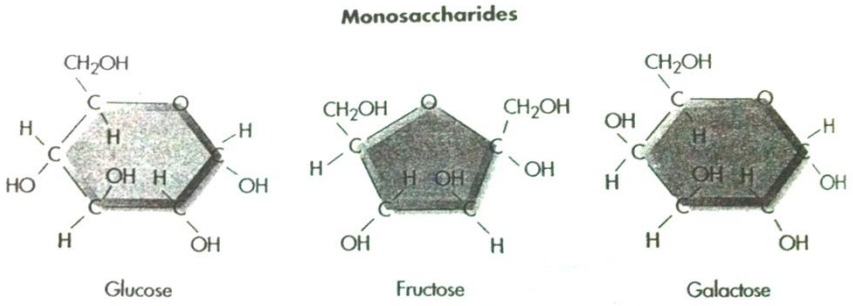
1) มอนอแซ็กคาไรด์ – กลูโคส ฟรุคโตส และกาแลกโตส

มอนอแซ็กคาไรด์เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งสามารถรวมตัวเป็นโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต มอนอแซ็กคาไรด์ทั่วไปที่พบในอาหารคือ กลูโคส ฟรุคโตส และกาแลกโตส

- กลูโคส เป็นมอนอแซ็กคาไรด์ที่พบในร่างกายเป็นหลักซึ่งพบในเลือด สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมสามารถเปลี่ยนได้จากน้ำตาลซูโครส (Sucrose) แลกโทส (Lactose) และมอลโทส (Maltose) และแป้ง ถูกเก็บสะสมไว้ในรูปไกลโคเจนซึ่งเป็นพอลิแซกคาไรด์จะถูกเก็บไว้ที่ตับ และกล้ามเนื้อ เมื่อต้องการใช้พลังงาน ไกลโคเจนก็จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นกลูโคสได้อีก

- ฟรุคโตส หรือเรียกว่าน้ำตาลผลไม้ หลังจากที่ฟรุคโตสถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กจะถูกขนส่งไปที่ตับ และถ้ามีมากเกินพอจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไขมัน สามารถพบในผลไม้และในน้ำผึ้ง อาจจับกับกลูโคสได้น้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นไดแซกคาไรด์ (Disaccharide)

- กาแลกโตส มีรูปร่างคล้ายกับกลูโคส สามารถพบได้จากแลกโทส (Lactose) ซึ่งเป็นไดแซกคาไรด์ ที่มีการจับกันระหว่างกลูโคส กับกาแลกโตส พบในนม และผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนม



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างมอนอแซ็กคาไรด์

ที่มา: (Wardlaw และ Smith, 2009: 124)

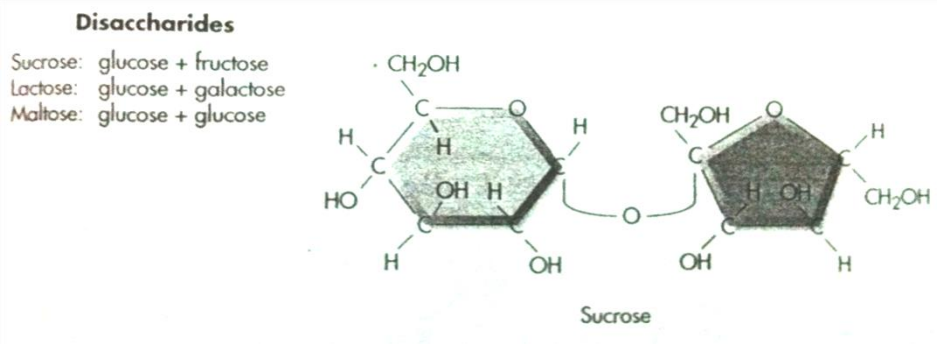
2) ไดแซกคาไรด์ – ซูโคส แลกโตส และมอลโตส

ไดแซกคาไรด์ เป็นน้ำตาลที่เกิดจากการรวมตัวของมอนอแซกคาไรด์ 2 ตัว ไดแซกคาไรด์ที่พบในอาหาร ได้แก่ ซูโคส แลกโตส และมอลโตส ซึ่งทุกตัวมีกลูโคสเป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น

- ซูโคส เป็นน้ำตาลที่เกินจากการสร้างพันธะระหว่างกลูโคส กับฟรุตโตส สามารถพบได่ในน้ำตาล ลูกกวาด น้ำผึ้ง และน้ำตาลเมเปิ้ล

- แลกโตส เป็นน้ำตาลที่เกินจากการสร้างพันธะระหว่างกลูโคส กับกาแลกโตส เพื่อสังเคราะห์เป็นนม ดังนั้นคนที่เป็นโรคแลกโตสอินโทลารานส์ (Lactose intolerance) ร่างกายจะไม่สามารถย่อยแลกโตสได้

- มอลโตส เป็นน้ำตาลที่เกินจากการสร้างพันธะระหว่างกลูโคส 2 โมเลกุล มอลโตสเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดเบียร์ ซึ่งมอลโตสจะถูกย่อยที่ลำไส้เล็กเหมือนกับแป้ง



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างไดแซกคาไรด์ ซูโครส

ที่มา: (Wardlaw และ Smith, 2009: 125)

3) พอลิแซกคาไรด์ (Polysaccharide)

พอลิแซกคาไรด์เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เกิดจากมอนอแซ็กคาไรด์หลาย ๆ หน่วยมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond: – C – O – C –) พอลิแซกคาไรด์จะมีขนาดใหญ่กว่าโอลิโกแซกคาไรด์ ส่วนใหญ่จะมีมอนอแซ็กคาไรด์เป็นร้อยถึงพันหน่วยมาจับต่อกัน ตัวอย่างพอลิแซกคาไรด์อย่างง่าย ได้แก่ แป้ง (Starch) เซลลูโลส (Cellulose) ไกลโคเจน (Glycogen) ไคติน (Chitin)

การใช้คาร์โบไฮเดรตขณะออกกำลังกาย

การลดอัตราการใช้กลูโคสจากไกลโคเจนที่เก็บไว้ในร่างกายสามารถทำได้โดยการรับประทานคาร์โบไฮเดรต ตัวอย่างเช่น เมื่อรับประทานอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตจะต้องผ่านการนำเข้าไปในร่างกาย การย่อย และการดูดซึม คาร์โบไฮเดรตที่ถูกย่อยและดูดซึมเข้ากระแสโลหิดเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่นกลูโคส และฟรุคโตส ดังนั้นระดับน้ำตาลในเลือดจะเพิ่มขึ้นหลังจากการรับประทานอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ส่งผลให้ความต้องการสลายไกลโคเจนในตับเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมลดลง ถ้าระดับน้ำตาลในเลือดลดลงร่างกายจะทำการสลายไกลโคเจนในตับเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้เหมาะสม นอกจากนี้

ปริมาณกลูโคสที่ส่งมาให้และที่กล้ามเนื้อใช้ไปจะสูงขึ้น ผลจากการศึกษาพบว่าการรับประทานคาร์โบไฮเดรตจะลดปริมาณน้ำตาลที่ออกมาจากตับแต่เพิ่มน้ำตาลในเลือดด้วยระดับที่เท่ากัน (Jeukendrup et al., 1999) การที่ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นหลังจากรับประทานคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการปลดปล่อยซูนลินและการใช้กลูโคสของกล้ามเนื้อรวมทั้งการออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต (Decombaz et al., 1985; Guezennec et al., 1989; Hawley et al.,1992; Mosora et al., 1981; Pallikrakis et al., 1986)

ตามหลักวิชาการเมื่อรับประทานคาร์โบไฮเดรตจะลดอัตราการสลายไกลโคเจนและโปรตีนในกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดพลังงานและลดระยะเวลาในการขจัดความเมื่อยล้า ยาสเปิลคิส และไอวี่ (Yaspelkis และ Ivy, 1991) พบว่า การที่ร่างกายได้รับ สารละลายกลูโคส 8.5% จะลดอัตราการสลายไกลโคเจนจากกล้ามเนื้อระหว่างการออกกำลังกายด้วยความหนักระดับ ในขณะที่ระดับของคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่นยังอยู่ในระดับที่สูงอย่างคงที่

ดังนั้น ในการศึกษาที่ให้ร่างกายได้รับคาร์โบไฮเดรตระหว่างการออกกำลังาย พบว่าปริมาณการใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดจะไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้รับคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นการศึกษาดังกล่าวแสดงผลว่าคาร์โบไฮเดรตที่รับประทานเข้าไปจะถูกออกซิไดซ์ ผลสรุปคือจะต้องมีการสะสมของไกลโคเจน อย่างไรก็ตามเนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายได้รับไม่ได้แสดงว่าไปลดการสลายของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อที่ออกแรง (Active muscle) การละสมของไกลโคเจนส่วนมากอาจเกิดขึ้นที่ตับหรือกล้ามเนื้อที่ไม่ได้ออกแรง (non-active muscle) (Coyle, 1991.)

การที่คาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายได้รับไม่ได้แสดงว่าไปลดการสลายของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อที่ออกแรง ไม่ได้หมายความว่ากล้ามเนื้อที่ออกแรงไม่ตอบสนองต่อการได้รับคาร์โบไฮเดรตระหว่างการออกกำลังกาย การจินตนาการง่าย ๆ ว่า เมื่อคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายได้รับระหว่างการออกกำลังกายมากกว่าความต้องการสร้างพลังงาน ในกรณีนี้กล้ามเนื้อจะต้องสะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปไกลโคเจน ทำให้ลดการสลายไกลโคเจนหรือแม้กระทั่งเพิ่มการสร้างไกลโคเจนในระหว่างการออกกำลังกาย มีคำถามว่าความคิดนี้สามารถเป็นไปได้หรือ คำตอบ

คือเป็นไปได้ แต่มีสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นก่อนจะเกิดเหตุการณ์แบบนี้ นั่นคือคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายได้รับจะถูกย่อยได้ง่าย ถูกดูดซึมอย่างรวดเร็ว และไปเพิ่มระดับกลูโคสในเลือด

สำหรับการออกกำลังกายเป็นเวลานานกว่า 45 นาที มีคำแนะนำว่า การให้คาร์โบไฮเดรตอย่างน้อย 20 กรัม แต่ที่เหมาะสมคือ 60 กรัม ร่วมกับของเหลวในปริมาตรที่พอเพียงระหว่างทุกชั่วโมงของการออกกำลังกาย (Bucci et al., 1990; Coyle, 1991) จะแสดงผลว่าไม่ยืดระยะเวลาที่เกิดความหิว (Delay gastric emptying) อย่างมีนัยสำคัญทางสรีรวิทยา และกระตุ้นการดูดซึมน้ำในลำไส้ เมื่อมองในมุมของความคงทนต่อสิ่งที่จะเกิดขึ้น เช่นความร้อน แม้กระทั่งคาร์โบไฮเดรตและน้ำจะเป็นปัจจัยที่จำกัดความสามารถในการการออกกำลังกาย

3.2 ไขมัน

ไขมัน (Lipid) เป็นสารชีวโมเลกุลที่มีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งพลังงานสำรองของร่างกายรองจากคาร์โบไฮเดรต และเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) ทุกชนิด ดังนั้นจึงพบไขมันได้ในทุกส่วนของร่างกายมนุษย์ โดยไขมันที่เป็นพลังงานสำรองของร่างกายมนุษย์และสัตว์ ได้แก่ ไทรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol) ซึ่งมี กรดไขมัน (Fatty acid) และ กลีเซอรอล (Glycerol) เป็นองค์ประกอบ ส่วนไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เนื้อเยื่อสมองและประสาท ได้แก่ ฟอสโฟไขมัน (Phospholipid) สฟิงโกไขมัน (Sphingolipid) และคอเลสเตอรอล (Cholesterol) เป็นต้น (ธนเศรษฐ์ เสนาวงศ์, 2550)

3.3 โปรตีน

โปรตีน (Protein) คือ สารอินทรีย์ที่พบมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต ถ้าไม่รวมน้ำอยู่ด้วย ในสิ่งมีชีวิตมีโปรตีนมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนักโปรตีนเป็นสารประกอบประเภทพอลิเมอร์ซึ่งเป็นสารที่มีขนาดใหญ่หรือมีมวลโมเลกุลมากคือประมาณ 5,000 จนถึงมากกว่า 40,000,000 ในโมเลกุลของโปรตีนประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า กรดอะมิโน ซึ่งมีหลายชนิดและหลาย ๆ โมเลกุลมารวมตัวกันโปรตีนส่วนใหญ่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน(C) ออกซิเจน (O) ไฮโดรเจน (H) และไนโตรเจน (N) ธาตุที่พบในโปรตีนรองลงมาคือ กำมะถัน(S) และฟอสฟอรส(P) นอกจากนั้น

ในโปรตีนบางชนิดยังอาจมีธาตุอื่นๆ อยู่ด้วยแต่พบฝนปริมาณน้อยมาก เช่น เหล็ก ทองแดง: (Wardlaw และ Smith, 2009)

กรดอะมิโน(Amino acid)

กรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบ (เป็นมอนอเมอร์) ของโปรตีน ที่พบมากในสิ่งมีชีวิตมีอยู่ประมาณ 20 ชนิด กรดอะมิโนแต่ละชนิดประกอบด้วยหมู่อะมิโน (-NH_2) กับหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) และหมู่แอลคิล (R) ดังนั้นกรดอะมิโนมีสูตรทั่วไปดังนี้ R อาจเป็นไฮโดรเจน ไฮโดรคาร์บอน หรืออื่นๆ ดังแสดงในตาราง กรดอะมิโนที่พบในโปรตีนจะต่างกันที่หมู่ R (หรือ Side chain) ดังนั้นกรดอะมิโนทั้ง 20 ชนิดอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของหมู่ R คือ (1) กรดอะมิโนที่หมู่ R ไม่มีขั้ว (2) กรดอะมิโนที่หมู่ R มีขั้ว

กรดอะมิโนทั้ง 20 ชนิด ถ้าพิจารณาในแง่ของความจำเป็นต่อร่างกายของคน หรือสัตว์ชั้นสูงอื่น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

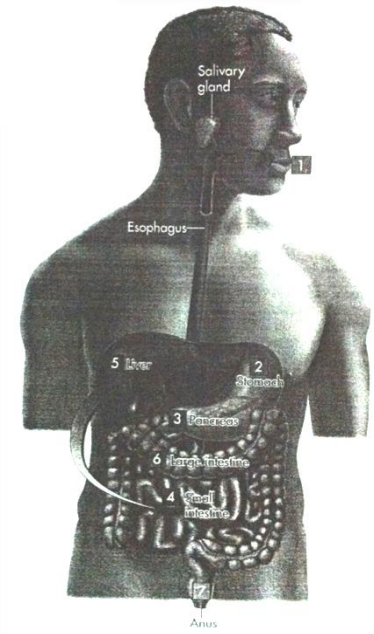
1) กรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acids) คือ กรดอะมิโนซึ่งร่างกายสร้างไม่ได้จำเป็นต้องได้จากอาหารที่รับประทาน หรือร่างกายสร้างได้แต่ไม่พอ กรดอะมิโนจำเป็นสำหรับมนุษย์ มีอยู่ 8 ชนิด คือ ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ลิวซีน (Leucine) ไลซีน (Lysine) เมไทโอนีน (Methionine) เฟนิลอะลานีน (Phenylalanine) ทรีโอนีน (Threonine) ทริฟโตเฟน (Tryptophane) และเวลีน (Valine) เด็กทารกต้องการฮีสติดีน (Histidine) ด้วยจึงมี 9 ชนิด

2) กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (Nonessential amino acids) คือ กรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสร้างได้ไม่จำเป็นต้องได้จากอาหาร กรดอะมิโนพวกนี้ได้แก่ กรดอะมิโนที่เหลือจากในข้อ 1 (Wardlaw และ Smith, 2009)

3.4 กลไกการทำงานเพื่อให้ได้พลังงาน และผลที่ได้รับ

3.4.1 การย่อย และการดูดซึมคาร์โบไฮเดรต

การย่อยคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่รับประทานเข้าไปส่วนใหญ่เป็นพวก แป้งและไดแซกคาไรด์ ซึ่งจะต้องถูกย่อยให้เป็น มอนอแซกคาไรด์เสียก่อน จึงจะถูกดูดซึมเข้าไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้ ซึ่งการย่อย คาร์โบไฮเดรต เริ่มที่ปากโดยอาศัย ซาลิวารี อะไมเลส (Salivary amylase) จากต่อมน้ำลาย ผสมกับคาร์โบไฮเดรตที่รับประทานเข้าไป จะทำให้โมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตเล็กลง เช่นย่อยได้มอลโตสทำให้เวลาเราเคี้ยวคาร์โบไฮเดรตแล้วมีรสหวาน อีกทั้งฟันจะช่วยบดเคี้ยวให้คาร์โบไฮเดรตมีขนาดเล็กลง ในกระเพาะอาหาร ซาลิวารี อะไมเลสจะถูกยับยั้งด้วยกรดในกระเพาะอาหาร ดังนั้นกระเพาะอาหารจะไม่ย่อยคาร์โบไฮเดรต เมื่อคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยในปากถูกลำเลียงผ่านกระเพาะอาหารไปยังลำไส้เล็ก เริ่มต้นที่ล้าไส้เล็กส่วนต้น (Duodenum) โดย เอนไซม์อะไมเลสจากตับอ่อนจะทำการย่อย คาร์โบไฮเดรต จนได้เป็น ไดแซกคาไรด์ จากนั้นถูกย่อยให้เป็นมอนอแซกคาไรด์ที่ผนังของล้าไส้เล็กและถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดต่อไป (Wardlaw และ Smith, 2009)



ภาพที่ 2. 5 ระบบย่อยคาร์โบไฮเดรต

ที่มา: (Wardlaw และ Smith, 2009: 124)

3.4.2 คาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น

คาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น (Carbohydrate oxidation) หมายถึง กระบวนการออกซิเดทีฟเมตทาบอลิซึมของน้ำตาลในกระแสเลือด และไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเริ่มด้วยกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ในการสร้างพลังงาน ในกรณีที่มีปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของขบวนการไกลโคไลซิส จะได้ไพรูเวท (Pyruvate) โดยที่ไม่เปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก และได้รับการขนส่งไปที่ไมโตคอนเดรียเพื่อเปลี่ยนเป็นอะซิทีล โคเอ (Acetyl coA) เข้าสู่วัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle) (Astrand และRodahl, 1970) วัฏจักเครบส์เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องจากกระบวนการไกลโคไลซิสซึ่งสร้างพลังงาน 2 เอทีพีจากกวาโนซีนไตรฟอสเฟต (Guanosine triphosphate, GTP) ต้องใช้กลูโคส 1 โมเลกุล การสร้างกลูโคส 1 โมเลกุลได้จากการสลายนิโคตินาไมด์ อะดีนีน ไดนิวคลีโอไทด์ (Nicotinamide adenine dinucleotide; NADH) 6 โมเลกุล อีก 2 โมเลกุลของฟลาวิน อะดีนีน ไดนิวคลีโอไทด์ (Flavin adenine dinucleotide; FADH2) โมเลกุลเหล่านี้จะส่งผ่านอะตอมของไฮโดรเจนเข้าสู่ห่วงโซ่การส่งผ่านอิเล็คตรอน (Electron transport chain; ETC) เพื่อสร้างเอทีพีจากเอดีพีโดยอาศัยเอนไซม์เอทีพี ซินเทส (ATP synthase) ซึ่งเป็นเมกคานินอล เอนไซม์ (mechanical enzyme) (ภาพที่ 2.6) อะตอมไฮโดรเจนจะถูกผลักเข้าไปสู่ช่องว่างผนังชั้นใน (inter-membrane space) ของไมโตคอนเดรีย ส่วนอิเล็คตรอนจะถูกส่งต่อไปตามห่วงโซ่ การส่งผ่านอิเลคตรอนนี้อาศัยโมเลกุลที่สำคัญคือกลุ่มไซโตโครม (Cytochrome complexes) อิเลคตรอนจะถูกส่งผ่านทางไซโตโครม สุดท้ายที่ปลายห่วงโซ่ ออกซิเจนจะเป็นตัวรับอิเลคตรอนสุดท้าย และรวมกับไฮโดรเจนผลผลิตสุดท้ายที่ได้คือน้ำ จำนวนของเอทีพีที่ได้จากการส่งผ่านไฮโดรเจนของเอนเอดีเฉอช และเอฟเอดีเอชสองจะแตกต่างกัน โดยการส่งผ่านไฮโดรเจนของเอนเอดีเอช จะได้เอทีพี 3 โมเลกุล ในขณะที่การส่งผ่านไฮโดรเจนของเอฟเอดีเอชสอง จะได้เอทีพี 2 โมเลกุล การสร้างเอทีพีในกระบวนการนี้เรียกว่า ออกซิเดทีฟ ฟอสโฟไรเลชั่น (Oxidative Phosphorylation) การย่อยสลายน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล จะได้เอทีพี 38 โมเลกุล (ภาพที่ 2.7)

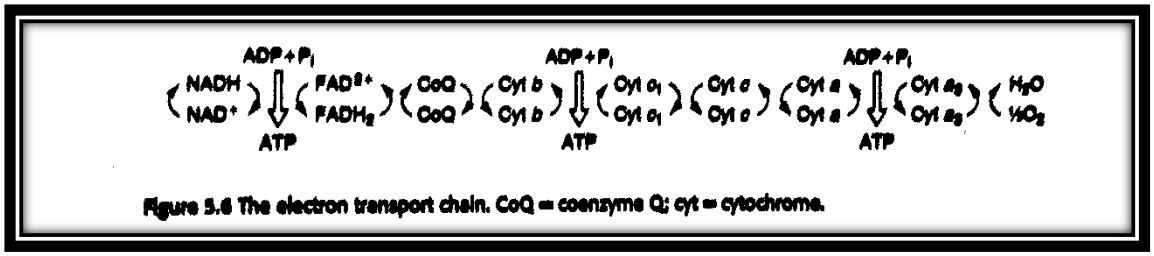


Figure 5.6 The electron transport chain. CoQ = coenzyme Q; cyt = cytochrome.

ภาพที่ 2.6 ห่วงโซ่การส่งผ่านอิเล็คตรอน

ที่มา: (Baechle and Earle, 2005: 81)

Total Energy Yield from the Oxidation of One Glucose Molecule

Process	ATP production
Slow Glycolysis:	
Substrate level phosphorylation	4
Oxidative phosphorylation: 2 NADH (3 ATP each)	6
Krebs cycle: *(2 rotations through the Krebs cycle per glucose)*	
Substrate level phosphorylation	2
Oxidative phosphorylation: 8 NADH (3 ATP each)	24
via GTP; 2 $FADH_2$ (2 ATP each)	4
	Total: 40*

*Glycolysis consumes 2 ATP (if starting with glucose), so net ATP production is 40 – 2 = 38. This figure may also be reported as 36 ATP depending on which shuttle system is used to transport the NADH to the mitochondria.

ภาพที่ 2.7 พลังงานสุทธิที่ได้จากน้ำตาล 1 โมเลกุล

ที่มา: (Baechle and Earle, 2005: 81)

3.4.3 การย่อยและการดูดซึมไขมัน (Lipid Digestion, Absorption and Transportation)

ไทรเอซิลกลีเซอรอล (บางทีเรียก ไทรกลีเซอไรด์ หรือ ไขมัน; Triglycerides or Fats) พบประมาณ 90% ของไขมันทั้งหมดในอาหาร และถือว่าเป็นแหล่งสะสมพลังงานแหล่งใหญ่ของ

ร่างกายมนุษย์ เนื่องจากโครงสร้างของไทรเอซิลกลีเซอรอลเป็นไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เมื่อถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์โดยการถูกออกซิไดซ์ จะได้คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเช่นเดียวกับการย่อยสลายกลูโคสแต่จะให้พลังงานมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบต่อจำนวนคาร์บอนอะตอม นอกจากไทรเอซิลกลีเซอรอลแล้ว ไขมันที่พบในอาหาร ได้แก่ ฟอสโฟไขมัน คอเลสเตอรอล และไขมันอื่นๆ

1) การย่อยไขมันจากอาหาร

1.1) การย่อยไขมันจะเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ผิวซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างไขมันกับน้ำ

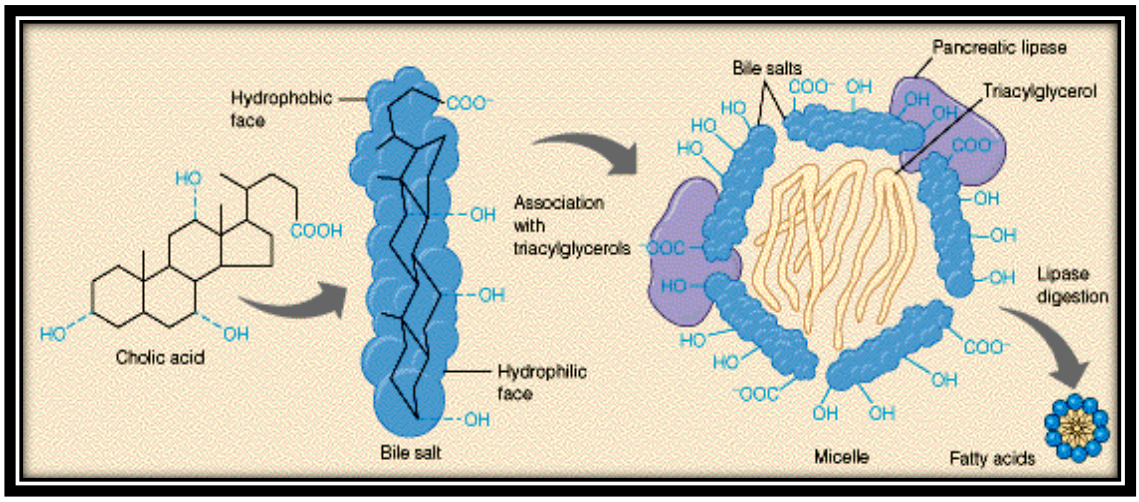
เนื่องจากไทรเอซิลกลีเซอรอลไม่ละลายน้ำแต่เอนไซม์ที่ใช้ย่อยไทรเอซิลกลีเซอรอลละลายได้ดีในน้ำ ดังนั้นบริเวณที่จะเกิดการย่อยไทรเอซิลกลีเซอรอลด้วยเอนไซม์จะต้องเป็นบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำกับไขมัน (Lipid-water interface) โดยบริเวณนี้เป็นบริเวณที่เอนไซม์ซึ่งละลายในน้ำมีโอกาสสัมผัสกับไทรเอซิลกลีเซอรอลในชั้นของไขมัน ดังนั้นประสิทธิภาพในการย่อยสลายไขมัน จึงขึ้นกับพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างไขมันกับน้ำ กล่าวคือถ้าเพิ่มพื้นที่ผิวระหว่างชั้นไขมันกับน้ำโดยการทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion) จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของไขมันให้สัมผัสกับเอนไซม์ที่ใช้ย่อยไขมันได้มากขึ้น นั่นเอง

ไขมันจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหาร เพราะที่กระเพาะอาหารมีเอนไซม์สำหรับย่อยไขมันในปริมาณที่น้อยและสภาพความเป็นกรด - ด่าง ในกระเพาะอาหารไม่เอื้อต่อการทำงานของเอนไซม์ ดังนั้นไขมันในอาหารซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปไทรเอซิลกลีเซอรอลจะถูกย่อยที่ลำไส้เล็ก โดยมีน้ำดี (bile salts) เป็น emulsifier หรือตัวที่ทำให้เกิดอิมัลชัน

น้ำดีจัดเป็นสารดีเทอร์เจนท์ (detergent) ชนิดหนึ่งเพราะสามารถทำให้เกิดอิมัลชันได้ โดยน้ำดีมีองค์ประกอบหลักเป็นกรดน้ำดี (bile acids) เช่น กรดชอลิค (Cholic acid) ที่ถูกสร้างมาจากคอเลสเตอรอล นอกจากนี้น้ำดีจะประกอบด้วย ฟอสฟาทิดิลโคลีน (Phosphatidyl choline) คอเลสเตอรอล โซเดียมไอออนและโพแทสเซียมไอออน โดยมีการสร้างน้ำดีที่ตับ แล้วนำไปทำให้เข้มข้นขึ้นและเก็บที่ถุงน้ำดี (gallbladder) เมื่อกระบวนการย่อยอาหารเริ่มต้นขึ้น ฮอร์โมนโคลีซิสโทคินิน (Cholecystokinin หรือ Pancreozymin) และฮอร์โมนซีครีทิน (Secretin) จะกระตุ้นให้ถุง

น้ำดีบีบตัวและขับน้ำดีออกมาตามท่อน้ำดีสู่ลำไส้เล็กส่วนต้นเพื่อคลุกเคล้ากับอาหาร โดยกรดน้ำดีจะรวมตัวกับไขมันเกิดเป็นโครงสร้างไมเซลล์ผสม (mixed micelle) ขึ้น ซึ่งไขมันที่ไม่มีขั้ว เช่น ไทรเอซิล

กลีเซอรอลจะรวมกันอยู่ภายในส่วนไม่มีขั้วของไมเซลล์ (ภาพที่ 2.8) เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานของน้ำดีแล้ว ประมาณ 95%ของน้ำดีจะถูกนำกลับไปใช้ใหม่ ส่วนอีกประมาณ 5% จะสูญเสียไปกับอุจจาระ โดยตับจะต้องสังเคราะห์น้ำดีขึ้นเพื่อทดแทนส่วนที่สูญเสียไป ประมาณวันละ 200-500 มิลลิกรัม



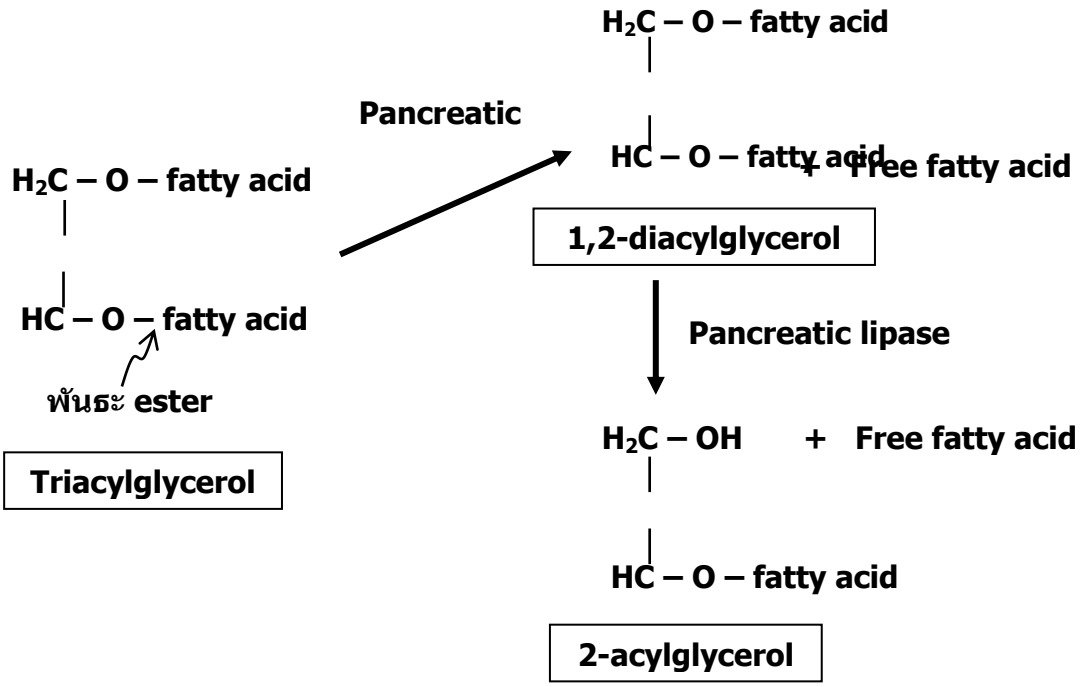
ภาพที่ 2.8 น้ำดี (bile salts) เป็นตัวที่ทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion)
โดยรวมตัวกับไขมันเป็นไมเซลล์ (micelle)
(ที่มา: Mathews et al., 2000: 630)

1.2) เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยไขมัน

เอนไซม์สำหรับย่อยไขมันที่ลำไส้เล็กสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1.2.1) เอนไซม์เพนครีเอทิก ไลเปส (Pancreatic lipase, Triacylglycerol lipase) เป็นเอนไซม์ที่หลั่งจากตับอ่อน ทำหน้าที่ย่อยสลายไทรเอซิลกลีเซอรอล โดยสลายพันธะเอสเทอร์ที่เชื่อมกรดไขมันกับกลีเซอรอลตรงตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 ของอะตอมคาร์บอนของกลีเซอรอล โดย

ย่อยตรงตำแหน่งที่ 3 ก่อน แล้วค่อยย่อยตรงตำแหน่งที่ 1 ตามลำดับ ได้ผลิตภัณฑ์ (Products) เป็นกรดไขมันอิสระ (free fatty acids), 1, 2-diacylglycerols และ 2-acylglycerols (ภาพที่ 2.9) โดยกรดไขมันอิสระมักอยู่ในรูปของเกลือโซเดียมหรือเกลือโพแทสเซียมของกรดไขมัน

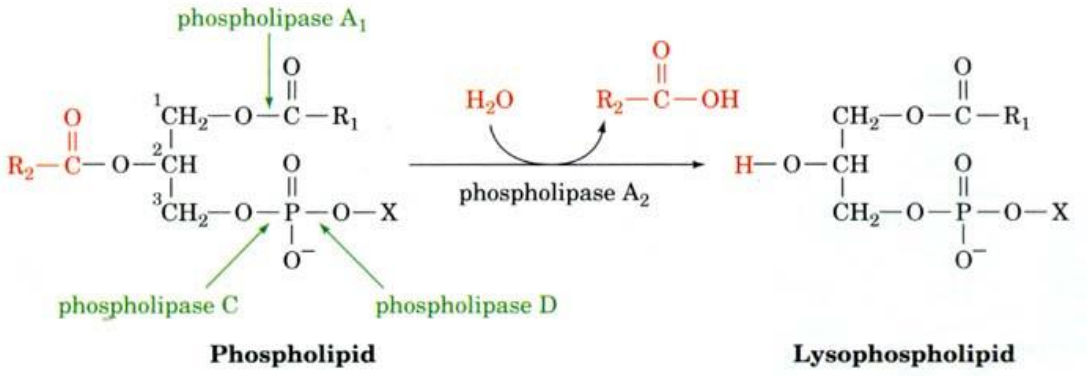


ภาพที่ 2.9 การย่อยสลายไทรเอซิลกลีเซอรอลด้วยเอนไซม์ Pancreatic lipase

(ที่มา: Mathews et al., 2000: 631)

ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์เพนครีเอทิก ไลเปส จะเพิ่มขึ้นเมื่อเอนไซม์ทำงานร่วมกับโปรตีนเพนครีเอทิก โคไลเปส (Pancreatic colipase) โดยโปรตีนชนิดนี้จะมีส่วนช่วยทำให้เอนไซม์เพนครีเอทิก ไลเปส มาจับที่บริเวณรอยต่อระหว่างน้ำกับไขมัน (lipid-water interface) ได้ดีขึ้น และมีส่วนช่วยให้เอนไซม์มีความเสถียรมากขึ้นด้วย การจับที่รอยต่อระหว่างน้ำกับไขมันของเอนไซม์เพนครีเอทิก ไลเปส จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบริเวณแอคทีพไซท์ (Active site) ของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เรียกปรากฏการณ์ที่เอนไซม์ทำหน้าที่ได้ดีมากขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างน้ำกับ

1.2.2) เอนไซม์ Phospholipase เป็นเอนไซม์ที่หลั่งจากตับอ่อน ทำหน้าที่ย่อยสลายฟอสโฟไขมัน ซึ่งเอนไซม์ Phospholipase มีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ Phospholipase A_1, Phospholipase A_2, Phospholipase C และ Phospholipase D เป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดจะย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ที่ตำแหน่งจำเพาะแตกต่างกันไป (ภาพที่ 2.10)



ภาพที่ 2.10 การย่อยสลายฟอสโฟไขมันด้วยเอนไซม์ Phospholipase A_2

(ที่มา: Mathews et al., 2000: 911)

ในการย่อยสลายฟอสโฟไขมันด้วยเอนไซม์ Phospholipase A_2 จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น Lysophospholipid (ภาพที่ 2.10) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น detergent เช่นเดียวกับ ฟอสโฟไขมันชนิด Lecithin (Phosphatidylcholine) ที่พบเป็นองค์ประกอบในน้ำดีซึ่งมีส่วนช่วยทำให้ไขมันละลายน้ำได้ดีขึ้น ดังนั้นจึงคาดว่า Lysophospholipid ที่ได้จากการย่อยฟอสโฟไขมันด้วยเอนไซม์ Phospholipase A_2 น่าจะมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการย่อยสลายไขมันที่ลำไส้เล็กเช่นเดียวกับ Lecithin ซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำดี

1.2.3) เอนไซม์ Cholesteryl ester hydrolase ทำหน้าที่ย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ที่เชื่อมระหว่าง คอเลสเตอรอล กับกรดไขมันในคอเลสเตอริลเอสเทอร์ (Cholesteryl ester) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นคอเลสเตอรอลกับกรดไขมันอิสระ

2) การดูดซึมไขมันที่ลำไส้เล็ก

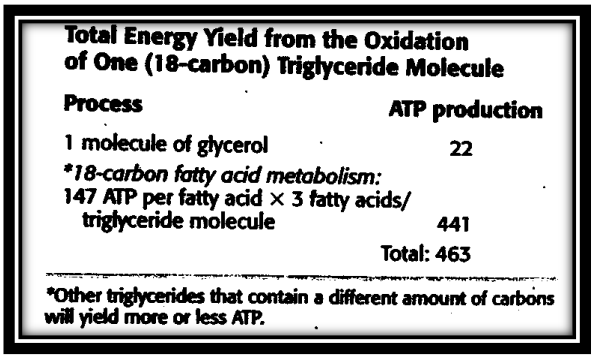
ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายไขมัน เช่น กรดไขมันอิสระ Monoacylglycerol และ Diacylglycerol จะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็ก (Intestinal mucosa) ซึ่งกระบวนการดูด

ซึมนี้ต้องการน้ำดีเป็นตัวช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถผ่านชั้น aqueous boundary layer ที่ผนังลำไส้เล็กได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำดีมีบทบาททั้งต่อการย่อยสลายและการดูดซึมไขมันที่ลำไส้เล็ก ถ้ามีการอุดตันของท่อน้ำดีจะมีการดูดซึมไขมันได้น้อย และมีไขมันปนออกมากับอุจจาระ (Steatorrhea)

นอกจากน้ำดีจะมีบทบาทในการดูดซึมไขมันดังกล่าวข้างต้นแล้ว น้ำดียังมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน (Lipid-soluble vitamins) อีกด้วย ตัวอย่างเช่น วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค เป็นต้น กรดไขมันที่ถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็ก จะจับกับโปรตีนในไซโทพลาซึม (Cytoplasm) ที่มีชื่อว่า Intestinal fatty acid binding protein (I-FABP) ซึ่งจะช่วยทำให้กรดไขมันละลายน้ำได้ดีขึ้นและป้องกันเซลล์ไม่ให้ได้รับอันตรายจาก detergent-like effects ของกรดไขมันอิสระ

3.4.4 ออกซิเดชั่นของไขมัน (Fat Oxidation)

การออกซิเดชั่นของไขมัน หมายถึงไขมันสามารถให้พลังงานผ่านทางออกซิเดทีฟ เอนเนอยี่ ซิสเต็ม (Oxidative energy system) ไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมัน จะถูกสลายโดยเอนไซม์ Hormone-sensitive Lipase การสลายนี้จะปลดปล่อยกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) จากเซลล์ไขมันออกสู่กระแสเลือด ซึ่งจะไหลเวียนและไปสู่กล้ามเนื้อ นอกจากนี้ ไตรกลีเซอไรด์ที่สะสมในปริมาณที่จำกัดในกล้ามเนื้อ ได้รับผลจากเอนไซม์ Hormone-sensitive Lipase จะสร้างกรดไขมันอิสระ รอบเซลล์กล้ามเนื้อ กรดไขมันอิสระจะเข้าสู่ไมโตคอนเดรีย และเริ่มกระบวนการ beta oxidation วงจรของปฏิกิริยาที่กรดไขมันอิสระถูกแตกตัว จะได้ Acetyl CoA และอะตอมของไฮโดรเจน โดย Acetyl CoA จะเข้าสู่ Krebs Cycle โดยตรง ขณะที่อะตอมของไฮโดรเจน จะถูกส่งผ่านโดย NADH และ FADH2 ไปสู่อิเลคตรอนทรานสปอร์ตเชน (Electron transport chain; ETC) ตัวอย่างการสร้าง ATP จากไตรกลีเซอไรด์ (Baechle and Earle, 2005) ดังแสดงในภาพที่ 2.11



Total Energy Yield from the Oxidation of One (18-carbon) Triglyceride Molecule

Process	ATP production
1 molecule of glycerol	22
**18-carbon fatty acid metabolism:* 147 ATP per fatty acid × 3 fatty acids/ triglyceride molecule	441
	Total: 463

*Other triglycerides that contain a different amount of carbons will yield more or less ATP.

ภาพที่ 2.11 พลังงานสุทธิที่ได้จากไตรกลีเซอไรด์ 1 โมเลกุล

ที่มา: (Baechle and Earle, 2005: 81)

3.4.5 การย่อย และการดูดซึมโปรตีน

ในกระเพาะอาหาร โปรตีนส่วนใหญ่ถูกย่อยไปเป็นพอลิเพปไทด์ เรียกชื่อว่าเพปโทน (Peptone) เมื่อพอลิเพปไทด์เข้าสู่ลำไส้เล็กจะถูกเอนไซม์จากตับอ่อนย่อยเป็นกรดอะมิโน ได้ประมาณร้อยละห้าสิบของพอลิเพปไทด์ทั้งหมด ส่วนที่เหลือยังคงเป็นเพปไทด์เรียกว่า Oligopeptides มีกรดอะมิโนอยู่ 2 ถึง 8 โมเลกุล ออลิโกเพปไทด์เหล่านี้ ส่วนหนึ่งถูกเอนไซม์เพปทิเดสและไดเพปทิเดส ผลิตจากลำไส้เล็กขับ ย่อยต่อไปเป็นกรดอะมิโน ลำไส้เล็กสามารถดูดซึมออลิโกเพปไทด์บางชนิดได้ ออลิโกเพปไทด์ที่ถูกดูดซึมเข้ามาอยู่ในเซลล์แล้ว ถูกเอนไซม์เพปทิเดสซึ่งมีอยู่ในเซลล์ ย่อยต่อไปจนเป็นกรดอะมิโน (Wardlaw และ Smith, 2009)

การดูดซึมกรดอะมิโนผ่านเยื่อหุ้มด้านหน้าเซลล์

กรดอะมิโนผ่านเยื่อหุ้มด้านหน้าเซลล์เข้ามาอยู่ในเซลล์บุเยื่อผิวลำไส้เล็ก ได้สามกระบวนการด้วยกัน ดังนี้

1) กระบวนการดูดซึมโซเดียมพร้อมกัน วิธีการดูดซึมกรดอะมิโนกระบวนการนี้คล้ายกับการดูดซึมกลูโคส นั่นคือ ต้องมีโซเดียมเข้าเชื่อมกับโปรตีนขนส่งก่อน แล้วโปรตีนขนส่งจึงจะรับกรดอะมิโน กรดอะมิโนส่วนใหญ่ถูกลำไส้เล็กดูดซึมด้วยกระบวนการนี้

2) กระบวนการมีโปรตีนช่วยกระบวนการนี้มีโปรตีนขนส่งที่นำกรดอะมิโนจากช่องลำไส้เล็ก ผ่านเยื่อหุ้มด้านหน้าเซลล์เข้ามาในเซลล์ กรดอะมิโนที่เป็นกลาง (Neutral amino acids) และกรดอะมิโนที่ละลายในไขมันได้ดี (Lipophilic amino acids) เช่นเฟนิลแอละนีน, ลิวซีน ถูกดูดซึมได้ดีด้วยกระบวนการนี้

3) กระบวนการแบบกสานติ์ กรดอะมิโนหลายชนิดเคลื่อนผ่านเยื่อหุ้มด้านหน้าเซลล์ ได้ด้วยวิธีแบบกสานติ์ การที่กรดอะมิโนชนิดใดจะเข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของกรดอะมิโนนั้นว่าจะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดีเพียงใด ได้แก่ ขึ้นกับสภาพละลายได้ในไขมัน (Lipid solubility), เป็นกรดอะมิโนมีประจุหรือไม่ เป็นต้น

กรดอะมิโนมีอยู่หลายประเภท ได้แก่ กรดอะมิโนที่มีสถานะเป็นกลาง (Neutral amino acids) กรดอะมิโนที่มีสถานะเป็นเบส (Basic amino acids) กรดอะมิโนที่มีสถานะเป็นกรด (Acidic amino acids) ประเภทกรดอิมิโน (Amino acids) โปรตีนขนส่งในกระบวนการดูดซึมพร้อมกับโซเดียม และโปรตีนขนส่งในกระบวนการช่วย จึงมีอยู่หลายชนิด ศึกษาได้ว่า กรดอะมิโนประเภทเดียวกันสามารถแย่งจับกับโปรตีนขนส่งชนิดเดียวกันได้ (เรียกว่ามี Competition) และยังพบว่ากรดอะมิโนบางกรดที่เป็นคนละประเภทกัน สามารถแย่งจับโปรตีนขนส่งชนิดเดียวกันได้ด้วย

การขนส่งกรดอะมิโนออกจากเซลล์เยื่อบุผิว

กรดอะมิโนที่ถูกดูดซึมเข้ามาอยู่ในเซลล์เยื่อบุผิว ถูกส่งผ่านเยื่อหุ้มด้านหลังและเยื่อหุ้มด้านข้างเซลล์ออกไป แล้วแพร่เข้าหลอดเลือดฝอยต่อไป ที่เยื่อหุ้มด้านหลังและเยื่อหุ้มด้านข้างเซลล์มีกระบวนการขนส่งกรดอะมิโน เช่นเดียวกันกับที่มีอยู่ทางด้านเยื่อหุ้มด้านหน้าเซลล์ แต่ที่เยื่อหุ้มด้านหลังเซลล์มีอัตราเร็วสูงสุดของกระบวนการ แตกต่างกันกับที่เยื่อหุ้มด้านหน้าเซลล์ กระบวนการช่วยมีโปรตีนขนส่งส่งกรดอะมิโนที่เป็นกลางออกจากเซลล์ ไลซีนและโปรตีนก็ถูกส่งออกจากเซลล์ได้ด้วยกระบวนการมีโปรตีนช่วยขนส่ง การทดลองด้วยแอละนีน ได้ผลลัพธ์ว่าเมื่อในเซลล์เยื่อบุผิวมีแอละนีนอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 มิลลิโมลมากกว่าร้อยละ 50 ของแอละนีนทั้งหมดที่ออกจากเซลล์เยื่อบุผิวออกไปด้วยกระบวนการช่วย กรดอะมิโนหลายชนิด ออกจากเซลล์เยื่อบุผิวลำไส้เล็กด้วยวิธีกสานติ์ (passive absorption) (Wardlaw และ Smith, 2009)

3.4.6 ออกซิเดชั่นของโปรตีน (Protein Oxidation)

การออกซิเดชั่นของโปรตีน หมายถึงการใช้พลังงานจากโปรตีน ถึงแม้ว่าในกิจกรรมปกติ โปรตีนจะไม่ใช่แหล่งพลังงานของร่างกาย แต่โปรตีนก็สามารถแตกสลายให้กรดอะมิโน (Amino Acid) ผ่าน metabolic process ที่หลากหลาย กรดอะมิโนเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นกลูโคส (ในกระบวนการที่เรียกว่า gluconeogenesis) ไพรูเวท (Pyruvate) หรือ สารอื่นในวัฏจักรเครบส์ (Various Krebs cycle Intermediates) การสร้างเอทีพี ในการออกกำลังกายช่วงสั้นๆ จะใช้พลังงานจากกรดอะมิโนในปริมาณเล็กน้อย แต่การอกกำลังกายเป็นระยะเวลานาน จะใช้พลังงานจากโปรตีน 3% - 15% ของพลังงานที่ต้องการทั้งหมด เชื่อกันว่ากรดอะมิโนหลักที่ถูกย่อยสลายในกระบวนการออกซิเดชั่นในกล้ามเนื้อ คือ branched-chain amino acid ได้แก่ leucine, isoleucine และ valine ส่วน alanine, aspartate และ glutamate ก็จะถูกใช้ด้วยเช่นกัน ของเสียจำพวกไนโตรเจนจากการย่อยสลายกรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนแปลงและขับออกในรูปของยูเรีย และบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย การเกิดแอมโมเนียมีความสำคัญมากเพราะมีความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ และมีความสัมพันธ์กับความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นของกล้ามเนื้อ (Baechle and Earle, 2005)

4. นมช็อคโกแลต

4.1 สารอาหารในนมช็อคโกแลต นอกจากจะประกอบด้วย ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต แล้วยังมีสารอื่นดังแสดงในตารางที่ 2.1 – 2.5

สารอาหารในช็อคโกแลตดำ ตารางที่ 2.1 – 2.5 (McShea et al., 2011)

ตารางที่ 2.1 สารให้ความขม (Bitter-tasting compounds) ในช็อคโกแลต

Bitter-tasting compounds	mmol/kg
Theobromine	63564.4
Caffeine	5218.3
Cyclo(L-Pro-L-Val)	8877.8

Cyclo(L-Pro-L-Ala)	1357
Cyclo(L-Val-L-Leu)	817.1
Cyclo(L-Ala-L-Leu)	734
Cyclo(L-Pro-L-Leu)	711.2
Cyclo(L-Ala-L-Ile)	639.5
Cyclo((L-Ala-L-Val)	633.5
Cyclo(L-Pro-L-Ile)	537
Cyclo(L-Val-L-Val)	237.6
L-leucine	6990.4
L-phenylalanine	4761.5
L-valine	4049.8
L-tyrosine	2719.6
L-isoleucine	2716.4
L-arginine	723.4
L-lysine	578
L-histidine	568.4

ตารางที่ 2.2 สารให้รสเปรี้ยว (Sour-tasting compounds) ในช็อคโกแลต

Sour-tasting compounds	mmol/kg
Citric acid	30974.9
Acetic acid	16717.7
Lactic acid	9260.7
Malic acid	3581.2
Oxalic acid	2810.5
Succinic acid	1725

Phosphoserine	744.7
Phosphoethanolamine	298.5

ตางรางที่ 2.3 สารให้รสอร่อย (Umami-like tasting compounds) ในช็อคโกแลต

Umami-like tasting compounds	mmol/kg
Glutamic acid	1781.8
Aspartic acid	1357.9

ตารางที่ 2.4 สารให้รสขม และฝาด (Bitter and astringent tasting compounds) ในช็อคโกแลต

Bitter and astringent tasting compounds	mmol/kg
Epicatechin	8613.1
Catechin	2363.9
Procyanidin B2	2082.8
Procyanidin C1	1628
[epicatchin-(4beta->8]3-epicatechin	1158.9
[epicatchin-(4beta->8]4-epicatechin	802.1
Procyanidin B5	791.5
[epicatchin-(4beta->8]5-9-epicatechin	623.3
Gamma-aminobutyric acid	5011.4
N-[3′,4′-dihydroxy-(E)-cinnamoyl]-L-aspartic acid	1615.6
Beta-aminoisobutyric acid	1349.3
N-[3′,4′-dihydroxy-(E)-cinnamoyl]-3-hydroxy-L-tyrosine	851.5
N-[4′-hydroxy-(E)-cinnamoyl]-L-aspartic acid	551.6
Quercetin-3-O-alpha-L-arabinopyranoside	497.5

N-[4′-hydroxy-(E)-cinnamoyl]-L-tyrosine	132.6
Quercetin-3-O-alpha-D-glucopyranoside	101.4
N-[4′-hydroxy-(E)-cinnamoyl]-L-tyrosine	132.6
Quercetin-3-O-alpha-D-glucopyranoside	101.4

ตารางที่ 2.5 สารให้รสหวาน (Sweet-tasting compounds) ในช็อคโกแลต

Sweet-tasting compounds	mmol/kg
Sucrose	8827.3
L-alanine	6115.5
Fructose	4834.1
L-proline	2475
L-threonine	1899
L-serine	1823.4
Glucose	1669.1
Galactose	1110.1
Raffinose	1068.3
Glycine	873
Stachyose	533.6
Beta-alanine	339

4.2 ประโยชน์ของช็อคโกแลต

1) ช็อคโกแลตช่วยในการต้านสารอนุมูลอิสระ

กลไกการต้านสารอนุมูลอิสระ คือการที่สารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ในช็อคโกแลตได้เข้าสู่สมอง สามารถเข้าระบบประสาทส่วนกลางได้ด้วยการแพร่ หรือขนส่งผ่านตัวรับเมดิเอท (Receptor-mediated) ไปในกระแสเลือดถึงสมอง (McShea et al., 2011)

2) ช็อคโกแลตช่วยในระบบหลอดเลือด

ช็อคโกแลตหรือโกโก้เป็นสิ่งที่ได้จากธรรมชาติที่มีฟลาโวนอล (Flavonal) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งการบริโภคช็อคโกแลตมีส่วนช่วยในการป้องกันการเป็นโรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือด กระตุ้นการทำงานของเกร็ดเลือด และความไวต่ออินซูลิน (Murga et al., 2011)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

นุชรี ชูประดิษฐ์ (2548) ได้ทำการวิจัยผลของการดื่มเครื่องดื่มที่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีนและกรดอะมิโนในขณะออกกำลังกายที่มีผลต่อสมรรถภาพความอดทน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชายจำนวน 10 คน แต่ละคนทำการทดสอบ 3 ครั้ง และได้รับเครื่องดื่มแต่ละชนิดโดยวิธี Double-blind randomized design อาสาสมัครวิ่งบนสายพานเคลื่อนที่ 70% ของความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นได้เพิ่มความเร็วของลู่วิ่งขึ้น 0.5 ไมล์ต่อชั่วโมง ทุก ๆ 5 นาที จนหมดแรง อาสาสมัครได้รับเครื่องดื่มปริมาตร 5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมทันทีที่เริ่มวิ่ง และ 3 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ทุก 20 นาที ระหว่างการวิ่งที่ความหนักคงที่ พบว่า ระดับความเหนื่อย อัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณแลคเตทในเลือด ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนการหายใจ และปริมาตรพลาสมาไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระดับกลูโคสในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีน สูงกว่ากลุ่มโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .01 และระดับอินซูลินสูงกว่ากลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ระดับ .05 และสูงกว่ากลุ่มโปรตีนที่ระดับ .01 และระดับออสโมลาลิตี้สูงขึ้นอยามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ยุภาพร คานเพชรทา (2554) ได้ทำการวิจัยผลของอาหารเสริมต่อการฟื้นสภาพจากการออกกำลังกายในนักกีฬาฟุตบอล ได้ทำการศึกษาทั้งในหนู และในคน โดยในหนูกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ได้รับยาหลอก กลุ่มที่ 2 ได้รับวิตามินซี กลุ่มที่ 3, 4 และ5 ได้รับเคอร์เซตินในปริมาณ 150, 300 และ450 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัม หนูทุกตัวได้รับอาหารเสริมวันละ 1 ครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยให้หนูออกกำลังกายอย่างหนักด้วยการว่ายน้ำในวันที่ 1, 7, 14, 21 และ28 ได้รับการทดสอบสมรรถภาพความอดทนจากการเก็บกล้ามเนื้อขาเพื่อวัดระดับ MDA และSOD ส่วนการศึกษาที่ 2 อาหารเสริมประกอบด้วย 2 สูตร สูตรที่ 1 ประกอบด้วยเวย์โปรตีน และสูตรที่ 2 ประกอบด้วยเวย์โปรตีน เคอร์เซติน วิตามินซี และกลูโคส กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครจำนวน 15 คน ได้รับการสุ่มในการดื่มอาหารเสริม 2 สูตร ห่างกัน 7 วัน โดยการดื่มแต่ละสูตร อาสาสมัครดื่มทุก ๆ 15 นาทีในระหว่างการออกกำลังกาย ในสัดส่วน 2 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว การศึกษามีการวัดระดับ MDA, SOD และCK ในพลาสมาและระดับขีดกั้นความเจ็บปวด ก่อนการออกกำลังครั้งที่ 1 และหลังการออกกำลังกายครั้งที่ 2 รวมถึงระยะเวลาการออกกำลังกายครั้งที่ 2 ซึ่งบ่งชี้ถึงสมรรถภาพความอดทน ผลการศึกษาในหนูพบว่า ระดับสารมาลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) และซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มและภายหลัง 4 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับเคอร์เซติน 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว มีการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพความอดทนเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับยาหลอก และกลุ่มเคอร์เซตินในปริมาณ 30 และ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษาในอาสาสมัคร พบว่า ระดับสารมาลอนไดอัลดีไฮด์ และซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส ในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสูตรใหม่ลดระดับในพลาสมา หลังการทดสอบสมรรถภาพความอดทนเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายครั้งแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

งานวิจัยเกี่ยวกับการรับประทานอาหารเสริมก่อนการออกกำลังกาย

เจสัน และคณะ (Jason et al., 2008) ได้ศึกษาผลของการดื่มนมต่อความจุการออกกำลังกายเป็นเวลานานในเด็กหนุ่มสุขภาพดี 8 คน โดยให้ตัวอย่างออกกำลังกายต่อเนื่องจนหมดแรงด้วยความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยดื่มเครื่องดื่ม 1.5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ซึ่งเครื่องดื่มชนิดแรกคือคาร์โบไฮเดรตผสมอิเล็กโทรไลท์ นมไขมันต่ำ หรือนมไขมันต่ำที่ใส่กลูโคสเพิ่ม ให้ดื่มก่อนออกกำลังกาย และขณะออกกำลังกายทุก ๆ 10 นาที โดยจะศึกษาผลของความจุการออกกำลังกาย การตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือด การเผาผลาญ และอุณหภูมิในการออกกำลังกาย พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โมริฟูจิ และคณะ (Morifuji et al., 2011) ได้ศึกษาผลของการดื่มคาร์โบไฮเดรตผสมเวย์โปรตีนก่อนการออกกำลังกายในหนู พบว่ากลุ่มที่ดื่มคาร์โบไฮเดรตผสมเวย์โปรตีนก่อนการออกกำลังกายสามารถลดการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อดีกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยเกี่ยวกับการรับประทานนมช็อคโกแลต

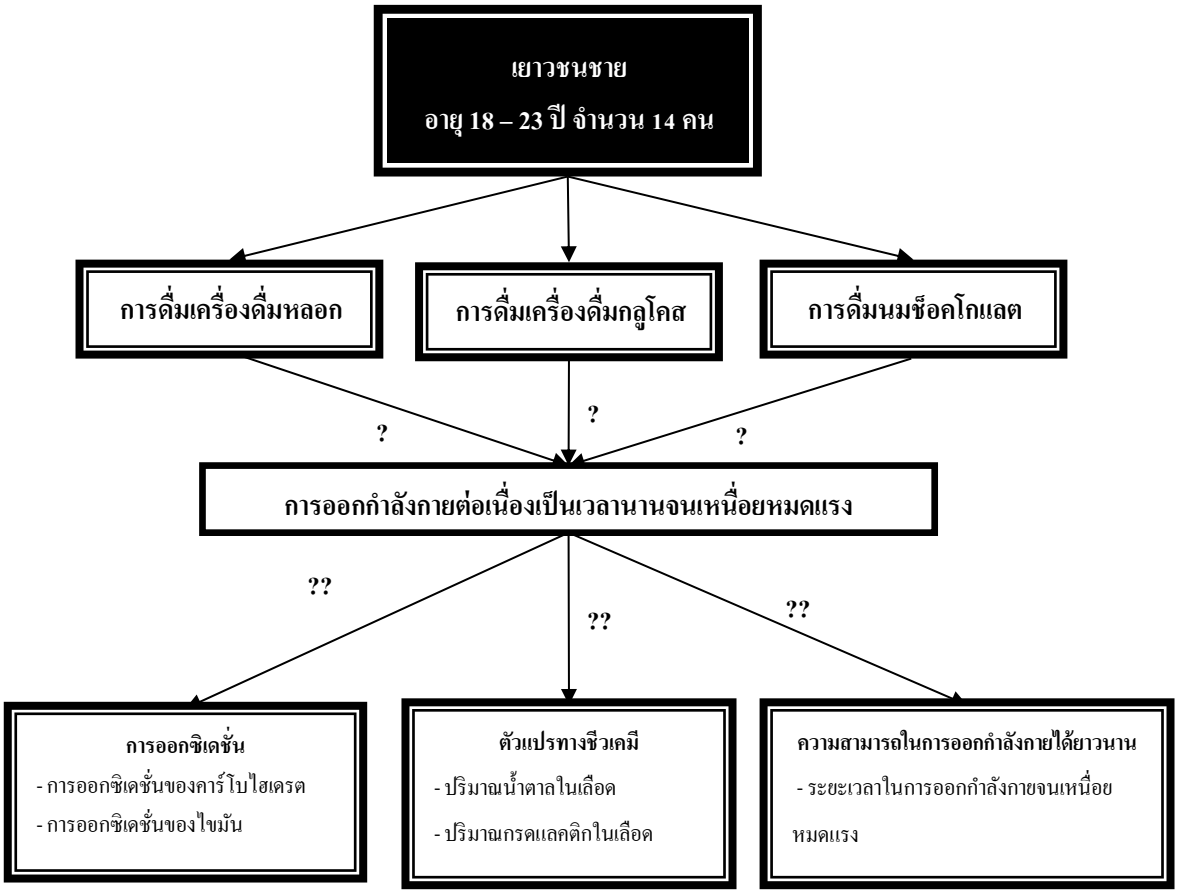
คาร์ป และคณะ (Karp JR et al., 2006) ได้ศึกษาการดื่มนมช็อคโกแลตหลังการออกกำลังกายแบบอดทนอย่างหนักส่งผลระหว่างการออกกำลังกายภายหลังเหมือนกับการให้เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียว

โทมัส และคณะ (Thomas K et al., 2009) พบว่าการดื่มนมช็อคโกแลตหลังการออกกำลังกายแบบอดทนอย่างหนักส่งผลระหว่างการออกกำลังกายภายหลังดีกว่าการให้เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียว

สเตฟานี่ และคณะ (Stephanie, et.al, 2010) ได้ศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตในการฟื้นตัวหลังการฝึกกีฬาฟุตบอล พบว่าสามารถลดการสลายตัวของกล้ามเนื้อดูจาก ครีเอทีนไคเนสลดลง แต่สมรรถนะของนักกีฬาไม่มีความแตกต่างจากก่อนฝึกซ้อม

6. กรอบแนวคิด

การศึกษาวิจัยนี้สนใจที่จะทำการศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงของเยาวชนชาย อีกทั้งเปรียบเทียบผลของนมช็อคโกแลตกับเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกาย ที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงดังแสดงในภาพ 2.12



ภาพที่ 2.12 กรอบแนวคิด

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชายเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment research design) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง และเปรียบเทียบผลของนมช็อคโกแลตกับเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ขั้นตอนการศึกษาวิจัยได้ผ่านการพิจารณา และคัดกรองงานวิจัยเพื่อเข้ารับพิจารณาจริยธรรมโดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาคผนวก ก) ซึ่งประกอบด้วยวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชายที่มีอายุระหว่าง 18 – 23 ปี ใช้ตารางกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen, 1969) กำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (Effect Size) ที่ 0.5 และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of Test) ที่ 0.8 ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 14 คน ลักษณะการทำการทดลองเป็นรูปแบบไขว้ (Crossover Design) ซึ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยแต่ละคนจะได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิดก่อนการออกกำลังกาย ได้แก่

ชนิดที่ 1 เครื่องดื่มหลอกที่มีส่วนผสมของสารให้ความหวาน (อิควล) กับกลิ่นผลไม้ปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ชนิดที่ 2 เครื่องดื่มกลูโคส (ยี่ห้อกลูโคลิน) 6 เปอร์เซ็นต์ปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ชนิดที่ 3 นมช็อคโกแลตที่มีตามท้องตลาดยี่ห้อหนึ่งที่มีปริมาณผงโกโก 0.6 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion Criteria)

1. เยาวชนเพศชายที่มีอายุระหว่าง 18 – 23 ปี

2. มีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรค หรืออาการที่ทำให้ไม่พร้อมที่จะออกกำลังกายโดยประเมินแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire; PAR - Q) (ภาคผนวก ข) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องตอบว่า “ไม่เคย” ทุกข้อจึงจะสามารถผ่านเกณฑ์

3. ไม่เป็นโรคแพ้นม (Lactose Intolerance)

4. ไม่เป็นโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น

5. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion Criteria)

1. รับประทานอาหารเสริมชนิดอื่นระหว่างการวิจัย

2. รับประทานอาหารก่อนการทดลอง

3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1. แบบยินยอมของประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

2. แบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนการออกกำลังกาย

เครื่องมือทดสอบสมรรถภาพทางกาย

1. เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Whole Body, Bioelectrical Impedance Analysis) ยี่ห้อ ioi จากประเทศเกาหลี

2. เครื่องวัดความดันโลหิตขณะพัก (Digital blood pressure) ยี่ห้อออมรอน (Omron) รุ่น SEM-1 model ประเทศญี่ปุ่น

3. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar) ประเทศฟินแลนด์

4. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ (Cortex) รุ่นเมต้าแม็กซ์ ทรีบี (Metamax 3B): Breath by breath ประเทศเยอรมนี

5. ลู่กล (Treadmill) ยี่ห้อ HP Cosmos รุ่น Mercury จากประเทศเยอรมนี

6. เครื่องตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ ACCU – CHECK PERFORMA ประเทศเยอรมนี

7. เครื่องตรวจกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ ACCUTREND PLUS LATATE ประเทศเยอรมนี

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถที่แสดงทางแอโรบิก และผลของนมช็อคโกแลตกับการออกกำลังกาย

2. ดำเนินการหากลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยประกาศหาอาสาสมัคร (ภาคผนวก ค) และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้า ซึ่งประกอบด้วยนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 18 คน

3. ผู้สมัครเข้าร่วมและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ได้รับทราบรายละเอียดวิธีปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล (ภาคผนวก ง) และลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (ภาคผนวก จ) โดยผู้วิจัยจัดสถานที่ทำการอบรมให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการออกกำลังกาย และการเตรียมตัวก่อนการออกกำลังกายซึ่งเกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ภาคผนวก ช) เพื่อกำหนดความหนักในการออกกำลังกาย ด้วยวิธีของบรูซ โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเดิน หรือวิ่งบนลู่กล ซึ่งผู้วิจัยจะปรับเพิ่มความเร็ว และความชันทุก ๆ 3 นาที (ภาคผนวก ซ) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเดิน หรือวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ว่าเมื่ออาสาสมัครมีอาการอย่างไรจึงควรหยุดออกกำลังกาย และมีความสามารถในการปฐมพยาบาลและช่วยชีวิต ตลอดจนสถานที่การทดสอบมีมาตรการสำหรับภาวะฉุกเฉินไว้ โดยมีการ Monitor EKG (ด้วยเครื่อง EKG ไร้สาย ยี่ห้อ Dynascope รุ่น DS – 7680 W ประเทศญี่ปุ่น) และวัดความดันโลหิต (ด้วยเครื่องวัดความดันโลหิต ยี่ห้อ Suntech รุ่น Tango ประเทศสหรัฐอเมริกา) ตลอดการทดสอบ และมีเครื่องช่วยชีวิตอัตโนมัติ (ยี่ห้อ Paramedic รุ่น CU – ER 2 ประเทศเยอรมนี) กลุ่มตัวอย่างได้รับการคัดกรองโรคประจำตัว เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ ออกแล้ว ดังนั้นความเสี่ยงอันอาจจะเกิดอันตรายจึงมีน้อยมาก

4. กำหนดให้ผู้เข้าร่วมรับประทานเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่ผู้วิจัยเป็นผู้เตรียมเครื่องดื่มด้วยตนเอง ที่ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ได้แก่ เครื่องดื่มหลอกที่ผสมจากสารให้ความหวาน และกลิ่นผลไม้ เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลตเป็นลำดับสุดท้าย ระยะห่างที่รับประทานเครื่องดื่มแต่ละชนิดคือ 3 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.1) ซึ่งผู้เข้าร่วมงดอาหารตั้งแต่หลังเที่ยงคืนของวันทำการทดลอง นัดผู้วิจัยเวลา 07.30 น.เพื่อทดสอบตัวแปรก่อนออกกำลังกาย เวลา 08.00 น.รับประทานเครื่องดื่มที่กำหนดให้ก่อนการออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง และต้องดื่มเครื่องดื่มที่ได้รับให้หมดภายใน 5 นาที เนื่องจากผู้เข้าร่วมการวิจัยจะสามารถดูดซึมสารอาหารที่รับประทาน เวลา 09.00 น.ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกาย ดังนี้

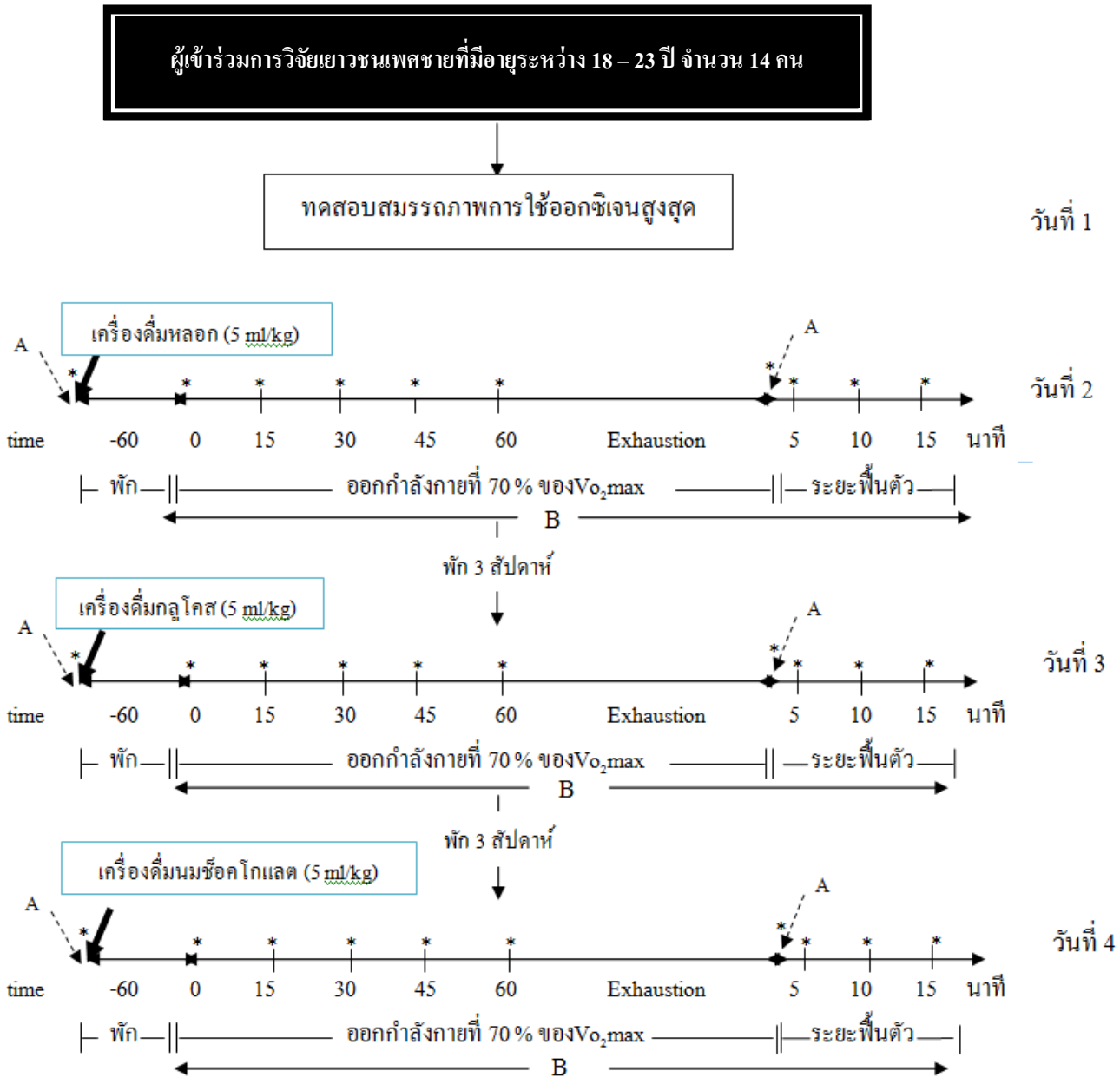
การออกกำลังกาย: ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (Exhaustion Exercise) เท่าที่ผู้เข้าร่วมจะสามารถทำได้โดยการวิ่งบนลู่กล (Treadmill) ด้วยความหนัก 70% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Jeson et al., 2008; Maughan et al., 1996; Montain et al., 1991) โดยอาจจะเกิดอาการเหมื่อย ล้า เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินการเก็บข้อมูล

สัปดาห์	เครื่องดื่ม	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
1	ทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด					
2	น้ำผสมสารให้ความหวาน และกลิ่นผลไม้	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
3		คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10
4		คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	-
5	เครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรต	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
6		คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10
7		คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	-
8	นมช็อคโกแลต	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
9		คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10
10		คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	-

5. วิธีการเก็บข้อมูล โดยวันที่ 1 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด วันที่ 2 – 4 ทดสอบตัวแปรทางสรีรวิทยา (ภาคผนวก ช) ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง เปอร์เซ็นต์ไขมัน และความดันโลหิต ก่อนการรับประทานเครื่องดื่ม และหลังการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ทำการเจาะเลือดโดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการเจาะเลือดด้วยเข็มที่ปลายนิ้วให้ได้เลือดปริมาณ 1 หยด ในการตรวจน้ำตาลต่อการตรวจ 1 ครั้ง และเลือดปริมาณ 1 หยดในการตรวจกรดแลคติกต่อการตรวจ 1 ครั้งโดยการตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือดจะทำการตรวจด้วยเครื่องตรวจน้ำตาล (Blood Glucose Meter) (ยี่ห้อ ACCU – CHECK PERFORMA ประเทศเยอรมนี) และกรดแลคติกในเลือดทำการตรวจด้วยเครื่องตรวจกรดแลคติก (ยี่ห้อ ACCUTREND PLUS LATATE ประเทศเยอรมนี) ก่อนการรับประทานเครื่องดื่ม หลังรับประทานเครื่องดื่ม 1 ชั่วโมง ขณะออกกำลังกายที่ 15 นาที 30 นาที 45 นาที 60 นาที และหลังการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงทันที 5 นาที 10 นาที และ 15 นาที โดยการเจาะเลือดไม่มีการค้างหลอดสำหรับเจาะเลือด เนื่องจากขณะออกกำลังกายจะทำให้เกิดเหงื่อไหลซึ่งอาจทำให้เข็มที่เจาะค้างลื่นหลุดได้ ดังนั้นการเจาะเลือดจึงทำการเจาะด้วยเข็มเจาะที่ปลายนิ้ว ในขณะที่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทำการออกกำลังกายได้ โดยขั้นแรกจะเช็ดแอลกอฮอล์ที่

นิ้วที่จะทำการเจาะเลือดก่อนเวลาที่จะทำการเจาะ 10 วินาที เมื่อถึงเวลาผู้วิจัยจะทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วนั้น ๆ ได้เลือดประมาณ 1 หยดมาหยดที่สตริปเพื่อตรวจวัดปริมาณน้ำตาลในเลือด และ 1 หยดมาหยดที่สตริปเพื่อตรวจวัดปริมาณกรดแลคติกในเลือด โดยทำการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนการหายใจ ใช้วิเคราะห์แก๊ส ตั้งแต่เริ่มออกกำลัง ถึงการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (ภาพที่ 3.1) โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้



* เวลาในการเจาะเลือด

A - ทดสอบน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต

B - วัดค่า RER โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สขณะออกกำลังกาย ถึงระยะฟื้นตัว 15 นาที

หมายเหตุ - งดอาหารและเครื่องดื่มหลังเที่ยงคืนของวันที่ 2, 3 และ 4

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. ตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่

1.1 น้ำหนัก ส่วนสูงและเปอร์เซ็นต์ไขมัน ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองถอดรองเท้าก่อนทำการชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม) ส่วนสูง (เซนติเมตร) และวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)

1.2 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที) ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงจับชีพจรด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

1.3 ความดันโลหิต โดยวัดค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic Blood Pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic Blood Pressure) ในท่านั่งขณะพัก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท (mmHg)

1.4 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) ในขณะออกกำลังกาย มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (ml/kg/min)

2. ตัวแปรด้านชีวเคมี ได้แก่

2.1 ปริมาณน้ำตาลในเลือด (Blood Sugar) โดยการเจาะปลายนิ้ว มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/เดซิลิตร (mg/dl)

2.2 ปริมาณกรดแลคติกในเลือด (Blood Lactate) โดยการเจาะปลายนิ้ว มีหน่วยเป็นมิลลิโมล/ลิตร (mmole/l)

3. ความสามารถในการออกกำลังกายได้ยาวนาน ประเมินจากเวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (Time to Exhaustion)

4. กระบวนการเผาผลาญในร่างกาย ได้แก่

4.1 การออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate oxidation; CHO) หมายถึง การหายใจจากขบวนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตภายในร่างกาย จากการคำนวณด้วยสูตร $CHO = (4.585 \times Vo_2) – (3.226 \times Vco_2)$ มีหน่วยเป็นกรัม/นาที (g/min) (Peronnet และ Massicotte, 1991)

4.2 การออกซิเดชั่นของไขมัน (Fat) หมายถึง การหายใจจากขบวนการเผาผลาญไขมันภายในร่างกายจากการคำนวณด้วยสูตร $Fat = (1.695 \times Vo_2) – (1.701 \times Vco_2)$ มีหน่วยเป็นกรัม/นาที (g/min) (Peronnet และ Massicotte, 1991)

อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการวิจัย

เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมลักษณะของการดำเนินชีวิตของผู้เข้าร่วมการวิจัยให้เหมือนกันได้ ดังนั้นในการออกกำลังกายตามรูปแบบที่ผู้วิจัยกำหนด ผู้เข้าร่วมการวิจัยอาจจะไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนของการวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการติดตามเป็นระยะ ๆ ว่าให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพยายามปฏิบัติตามขั้นตอน เพื่อให้การวิจัยมีความถูกต้อง

ความเสี่ยงและผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นในการวิจัย

ความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการทดสอบด้านสรีรวิทยา

การทดสอบด้านสรีรวิทยาอาจรู้สึกอึดอัด หายใจไม่สะดวกขณะทดสอบด้วยสายพาน แต่อาการดังกล่าวจะหายเป็นปกติในระยะเวลาอันสั้น และอาจทำให้มีการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อได้ ทั้งนี้ก่อนและหลังการทดสอบทุกครั้ง จะมีการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นกล้ามเนื้อและผ่อนคลายกล้ามเนื้อ เพื่อป้องกันการปวดเมื่อยดังกล่าว หากพบว่ามีการบาดเจ็บในขณะทดสอบ ผู้เข้าร่วมต้องรีบแจ้งผู้วิจัยทราบทันที ผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการส่งตัว ณ สถานพยาบาล และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

จากการดูแลรักษา และหากกลุ่มตัวอย่างได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับความคุ้มครองตามกฎหมาย และรับการรักษาจนกว่าจะหาย

ความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเจาะเลือด

ผู้เข้าร่วมวิจัยมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือด และมีโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดซึ่งพบได้น้อยมาก

การพิทักษ์สิทธิ์ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิ์ของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูล และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความสมัครใจ การตอบรับหรือการปฏิเสธเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ไม่มีผลต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสามารถแจ้งออกจากการศึกษาวิจัยได้ก่อนการวิจัยจะสิ้นสุดลงโดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการวิจัยจะเสนอในภาพรวม หากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีข้อสงสัยเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบอย่างรวดเร็ว

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (Statistic Package for the Social Science หรือ SPSS version 17) เพื่อหาค่าทางสถิติ ดังนี้

1. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางสรีรวิทยาได้แก่ น้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิตระหว่างก่อนการดื่มเครื่องดื่ม และหลังการดื่ม

เครื่องดื่ม ของแต่ละกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างโดยการทดสอบหาค่าที (Paired t - Test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่ม และระหว่างเวลาการออกกำลังกายโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA repeated measure) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง และเปรียบเทียบผลของนมช็อคโกแลตกับเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชายทำการทดลองเป็นรูปแบบไขว้ (Crossover Design) กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชายของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 14 คน (อายุ 18 – 23 ปี) แต่ละคนจะได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิดก่อนการออกกำลังกาย เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ได้แก่ ชนิดที่ 1 เครื่องดื่มหลอกที่มีส่วนผสมของสารให้ความหวานกับกลิ่นผลไม้ปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 เครื่องดื่มกลูโคส 6 เปอร์เซ็นต์ปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และชนิดที่ 3 นมช็อคโกแลตที่มีตามท้องตลาดยี่ห้อหนึ่งที่มีปริมาณผงโกโก้ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แล้วจึงให้ออกกำลังกายภายหลังจากดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด 1 ชั่วโมง ด้วยความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจนหมดแรง ทำการวัดตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังการออกกำลังกาย ตัวแปรทางการออกซิเดชั่น และตัวแปรทางสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างการออกกำลังกาย รวมถึงตัวแปรระยะเวลาการออกกำลังกายจนหมดแรงแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มตัวอย่างนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีค่าเฉลี่ยของอายุ 20.34±2.53 ปี ส่วนสูง 173.81±1.23 เซนติเมตร น้ำหนัก 68.90±9.50 กิโลกรัม ดัชนีมวลกาย 21.23±5.64 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 15.31±2.47 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก 67.42±3.58 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก 118.56±1.19 มิลลิเมตรปรอท ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก 76.57±1.67 มิลลิเมตรปรอท และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

45.53±3.19 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที หลังการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต พบว่าไม่พบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ก่อนการดื่มเครื่องดื่ม และหลังการดื่มเครื่องดื่ม 1 ชั่วโมง

2. ขณะออกกำลังกายออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตภายในร่างกายขณะออกกำลังกายจนหมดแรงของกลุ่มนมช็อคโกแลตมีค่ามากกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างของการออกซิเดชันของไขมัน ระหว่างสามกลุ่มการทดลอง

3. เปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มหลอกน้อยกว่ากลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสในระหว่างนาทีที่ 15 นาทีที่ 30 นาทีที่ 45 เวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง หลังหยุดการออกกำลังกายนาทีที่ 5 หลังหยุดการออกกำลังกายนาทีที่ 10 และหลังหยุดการออกกำลังกายนาทีที่ 15 อีกทั้งเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มหลอกน้อยกว่ากลุ่มนมช็อคโกแลตในระหว่างนาทีที่ 15 และหลังหยุดการออกกำลังกายนาทีที่ 5 นอกจากนั้นเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มนมช็อคโกแลตน้อยกว่ากลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสขณะออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของของเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกาย

4. กลุ่มนมช็อคโกแลตสามารถออกกำลังกายได้ยาวนานกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

ผลจากการวิจัยพบว่าตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวภายหลังการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ เครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลตไม่เปลี่ยนแปลง อีกทั้งการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต และระดับน้ำตาลในเลือดขณะออกกำลังกายจนหมดแรงของกลุ่มนมช็อคโกแลตมีระดับสูงกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และเครื่องดื่มกลูโคส แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติกในเลือด โดยระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงของกลุ่มนมช็อคโกแลตยาวนานกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส บ่งชี้ให้เห็นว่า เครื่องดื่มที่ผสมระหว่างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนมีผลดีต่อการออกกำลังกายที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่าเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว

ผลของนมช็อคโกแลตที่มีต่อตัวแปรทางสรีรวิทยา

หลังการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ปรากฏว่าตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายก่อนและหลังตัวการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 กลุ่มของผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่มีความเปลี่ยนแปลง ซึ่งผลงานวิจัยนี้ขัดแย้งกับเบดอน (Beydoun, 2008) ที่พบว่ามีความแตกต่างของความดันโลหิตระหว่างก่อน และหลังการได้รับนม ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเป็นเพราะในงานวิจัยของเบดอนผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับนมเป็นเวลาหลายสัปดาห์ แต่ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวัดความดันโลหิตหลังการดื่มนมช็อคโกแลตเพียงครั้งเดียว จึงทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิต อย่างไรก็ตามการที่ดื่มนมแล้วมีผลทำให้ความดันโลหิตลดลงนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับแคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม (Joffres et al., 1987; Mizushima et al., 1998; Sacks et al., 1998; Whelton et al., 1997) สำหรับงานวิจัยนี้ นมช็อคโกแลตประกอบไปด้วยแคลเซียม 25% โซเดียม 4% และฟอสฟอรัส 20% ซึ่งส่วนประกอบของอิเลคโตรไลท์ดังกล่าวไม่มีผลต่อระบบไหลเวียนเลือด สอดคล้องกับสนิจเดอร์ (Snijder, 2008) ที่ทำการศึกษาผลของความดันโลหิตต่อการได้รับนม ชีส โยเกิร์ต พบว่าไม่มีความแตกต่างของความดันโลหิตก่อนและหลังการได้รับนม ชีส โยเกิร์ต

ผลของนมช็อคโกแลตที่มีต่อการออกซิเดชั่น ปริมาณน้ำตาล และกรดแลคติกในเลือด

เมื่อออกกำลังกาย จะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นผลมาจากการทำงานร่วมกันของอินซูลินที่เพิ่มขึ้น กับการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยใช้กลูโคส (Febbraio et al., 2000; Febbraio et al., 1996; Costill et al., 1977; Marmy-Conus et al., 1996; Coyle et al., 1997) จากผลการศึกษานี้ พบว่า การออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตภายในร่างกาย และระดับน้ำตาลในเลือดขณะออกกำลังกายจนหมดแรงของกลุ่มนมช็อคโกแลตมีค่ามากกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับโมริฟูจิ และคณะ (Morifuji et al., 2011) ที่ทำการศึกษาผลของการได้รับกลูโคสผสมกับเวย์โปรตีนก่อนการออกกำลังกายในหนู พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดหลังการออกกำลังกายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำเปล่า และกลุ่มที่ได้รับกลูโคส ทั้งนี้นมช็อคโกแลตประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน อีกทั้งมีปริมาณเกลือแร่เทียบได้กับเครื่องดื่มทางการกีฬา (McShea et al., 2011; Karp et al., 2006; Thomas et al., 2009; Stephanie et al., 2010) ส่งผลให้การดื่มนมช็อคโกแลตมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเช่นเดียวกับการได้รับกลูโคสผสมกับเวย์โปรตีน การได้รับคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนก่อนการออกกำลังกายมีผลให้ระดับน้ำตาลในเลือด และระดับของอินซูลินเพิ่มขึ้นอย่างมาก (Hargreaves et al., 2004) ส่งผลให้การใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตระหว่างการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น และลดการใช้พลังงานจากไขมัน (Morifuji et al., 2011) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับระหว่างกลุ่มนมช็อคโกแลตกับกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสมีความแตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มนมช็อคโกแลต ได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต 44.44 แคลอรีต่อปริมาณนมช็อคโกแลต 100 มิลลิลิตร ส่วนกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต 24 กิโลแคลอรีต่อปริมาณเครื่องดื่มกลูโคส 100 มิลลิลิตร ซึ่งอาจเป็นเหตุผลทำให้คาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่นของกลุ่มนมช็อคโกแลตสูงกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มนมช็อคโกแลตน้อยกว่ากลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส

กรดแลคติกทำให้ประสิทธิภาพของการออกกำลังกายลดลง ทำให้เกิดการล้า เนื่องจากการใช้งานกลุ่มกล้ามเนื้อนั้นซ้ำ ๆ ต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน การลดลงของพลังงานที่สะสม การขาดออกซิเจน และที่สำคัญคือ การที่มีกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อมาก จะทำให้รู้สึกไม่สบายที่

กล้ามเนื้อ หรือมีอาการปวดเกร็งกล้ามเนื้อร่วมด้วยด้วย เมื่อมีการล้าเกิดขึ้นกล้ามเนื้อจะเคลื่อนไหวลำบาก เคลื่อนไหวได้ช้า ทำงานได้ไม่เต็มที่ (ชัชรินทร์ อังศุภากร, 2540) การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากกล้ามเนื้อและเลือดในช่วงของการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย จำเป็นต้องใช้พลังงานในการเคลื่อนย้าย ซึ่งพลังงานส่วนใหญ่มาจากการสร้างพลังงานที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ กรดแลคติกสามารถที่จะเปลี่ยนกลับไปเป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นจะเปลี่ยนไปเก็บไว้ในส่วนต่างๆ เช่นไกลโคเจนในตับ กลูโคสในเลือด และเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ (ภาสกร บุญนิยม. 2533) ผลจากการศึกษาวิจัยนี้ ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และกลุ่มนมช็อคโกแลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับการศึกษาของเวีย (Weir, 2012) ที่ทำการเปรียบเทียบผลของนมช็อคโกแลต กับเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตทางการกีฬาในการดึงกรรเชียงบกระยะทาง 2,000 เมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของระดับของกรดแลคติกระหว่างกลุ่มได้รับนมช็อคโกแลตกับกลุ่มได้รับเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตทางการกีฬา การสะสมของปริมาณปริมาณของกรดแลคติกที่ผลิตขึ้นอยู่กับความหนัก และระยะเวลาของการออกกำลังกาย รวมถึงระดับความสามารถของร่างกายของผู้ออกกำลังกาย หากผู้ออกกำลังกายมีสมรรถภาพทางกายดี และมีการนำออกซิเจนเข้าออกซิเจนสูง จะชะลอการเกิดกรดแลคติกได้ (พีระพงศ์ บุญศิริ. 2538; วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ทั้งการลดลงของระดับกรดแลคติกในเลือดแสดงให้เห็นถึงการสลายตัวของกล้ามเนื้อด้วยกระบวนการไกลโคไลซิสช้าลง (Sahlin et al., 1990)

ผลของนมช็อคโกแลตที่มีต่อระยะเวลาการออกกำลังกาย

กลุ่มที่ดื่มนมช็อคโกแลตมีระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงที่มากกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าการปั่นจักรยานที่ความหนัก 70% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดจนเหนื่อยหมดแรงกระทำได้ยาวนานขึ้นประมาณ 49-51% ภายหลังการดื่มนมช็อคโกแลต (Thomas et al., 2009) เช่นเดียวกับไอวี่ และคณะ (Ivy et al., 2003) พบว่าการให้คาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีนเพิ่มระยะเวลาในการออกกำลังกายได้ยาวนานกว่าการให้คาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียวถึง 36 % อีกทั้งซุนเดอร์ และคณะ (Saunder et al., 2004) ศึกษาผลของเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีนในการปั่นจักรยาน พบว่ากลุ่มเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีนสามารถยืดเวลาที่ทำให้เหนื่อยจนหมดแรงของการปั่นจักรยานถึง 40

%ในการปั่นด้วยความหนัก 85% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และ 29% ในการปั่นด้วยความหนัก 75% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการดื่มเครื่องดื่มที่ผสมระหว่างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนมีผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของพลาสมาอินซูลินได้มากกว่าเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว ส่งผลให้เพิ่มความสามารถทางแอโรบิกจากการเก็บสะสม (Sparing) ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ (Ivy et al., 2003) โดยการเพิ่มขึ้นของอินซูลินจะทำให้การดูดซึมกลูโคสมากขึ้นเพื่อที่จะทำการสังเคราะห์ไกลโคเจน (Browning et al., 1999) อีกทั้งการให้เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมระหว่างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนช่วยให้อัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจนเร็วขึ้น (Zawadzki et al., 1992) โดยการศึกษาของวิลเลี่ยม และคณะ (Willams et al., 2003) พบว่าการเก็บไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นหลังจากการดื่มเครื่องดื่มที่ผสมคาร์โบไฮเดรตกับโปรตีน

สรุปได้ว่า การดื่มนมช็อคโกแลตช่วยทำให้ออกกำลังกายได้ระยะเวลานานกว่าการดื่มเครื่องดื่มกลูโคส โดยการดื่มนมช็อคโกแลตทำให้การออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า และมีการลดของระดับน้ำตาลในเลือดน้อยกว่าการดื่มเครื่องดื่มกลูโคส

ข้อจำกัดในการทำวิจัยครั้งนี้

1. ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมกิจวัตรประจำวัน และการรับประทานอาหารของผู้เข้าร่วมการวิจัยได้

2. เครื่องดื่มกลูโคสมีจำนวนแคลอรี่เท่ากับ 24 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งน้อยกว่านมช็อคโกแลต ซึ่งมีจำนวนแคลอรี่เท่ากับ 44 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 มิลลิลิตร

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ในกีฬาที่มีการแข่งขันเป็นระยะเวลานาน และมีการแข่งขันในช่วงเช้า การดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการแข่งขันจะช่วยเพิ่มการออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรตภายในร่างกาย และทำให้ปริมาณน้ำตาลในเลือดลดลงได้ช้าส่งผลให้ออกกำลังกายได้ยาวนานขึ้น โดยไม่เหนื่อยล้า

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาในตัวแปรทางด้านสารชีวเคมีในเลือดเพิ่มเติม เช่น ระดับอินซูลินในเลือด ระดับกรดไขมันอิสระ ฯลฯ

2. ควรทำการศึกษาในแต่ละชนิดกีฬาที่มีการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานาน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีการทางสถิติที่ได้จากการศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง และการเปรียบเทียบผลของนมช็อคโกแลตกับเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 5 ตอน ดังนี้คือ

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังการดื่มเครื่องดื่ม (อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต)

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรกระบวนการเผาผลาญในร่างกาย (การออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต และการออกซิเดชั่นของไขมัน)

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านชีวเคมีขณะออกกำลังกาย (ปริมาณน้ำตาล และกรดแลคติกในเลือด)

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกกำลังกายได้ยาวนาน (เวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง)

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา	$\overline{X}$ (n = 14)	S.D.
อายุ (ปี)	20.34	2.53
ส่วนสูง (เมตร)	173.81	1.23
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	68.90	9.50
ดัชนีมวลกาย	21.23	5.64
เปอร์เซนต์ไขมัน (เปอร์เซนต์)	15.31	2.47
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	67.42	3.58
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)	118.56	1.19
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)	76.57	1.67
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที)	45.53	3.19

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าเฉลี่ยตัวแปรทางสรีรวิทยาพื้นฐานของผู้ร่วมการวิจัยมีอายุ 20.34±2.53 ปี ส่วนสูง 173.81±1.23 เซนติเมตร น้ำหนัก 68.90±9.50 กิโลกรัม ดัชนีมวลกาย 21.23±5.64 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 15.31±2.47 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก 67.42±3.58 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก 118.56±1.19 มิลลิเมตรปรอท ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก 76.57±1.67 มิลลิเมตรปรอท และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด 45.53±3.19 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังดื่มเครื่องดื่ม

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังดื่มเครื่องดื่มหลอก

ตัวแปรทางสรีรวิทยา	ก่อนการดื่มเครื่องดื่มหลอก (n = 14)		หลังการดื่มเครื่องดื่มหลอก (n = 14)		ค่า t	p - value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	64.93	1.44	66.21	0.97	-2.26	.051
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	117.86	1.83	117.93	2.16	-1.95	.073
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	73.93	6.88	75.00	4.31	-1.42	.174

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวระหว่างก่อนดื่มเครื่องดื่มหลอก และหลังการดื่มเครื่องดื่มหลอก 1 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังการดื่มเครื่องดื่มกลูโคส

ตัวแปรทางสรีรวิทยา	ก่อนการดื่มเครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		ก่อนการดื่มเครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		ค่า t	p-value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	65.00	2.08	66.29	0.91	-0.01	.926
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	117.64	3.27	118.43	2.10	-1.00	.348
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	77.07	5.21	76.93	4.36	-1.79	.097

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ระหว่างก่อนดื่มเครื่องดื่มกลูโคส และหลังการดื่มเครื่องกลูโคส 1 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังการการดื่มนมช็อคโกแลต

ตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนและหลังการดื่มนมช็อคโกแลต	ก่อนการดื่มนมช็อคโกแลต (n = 14)		หลังการดื่มนมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า t	p-value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	65.14	2.68	66.14	1.35	-0.50	.626
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	117.43	2.98	118.29	2.76	0.34	.738
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	74.21	5.70	74.86	4.49	-1.29	.220

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวระหว่างก่อนดื่มนมช็อคโกแลต และหลังการดื่มนมช็อคโกแลต 1 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนการดื่มเครื่องดื่มระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

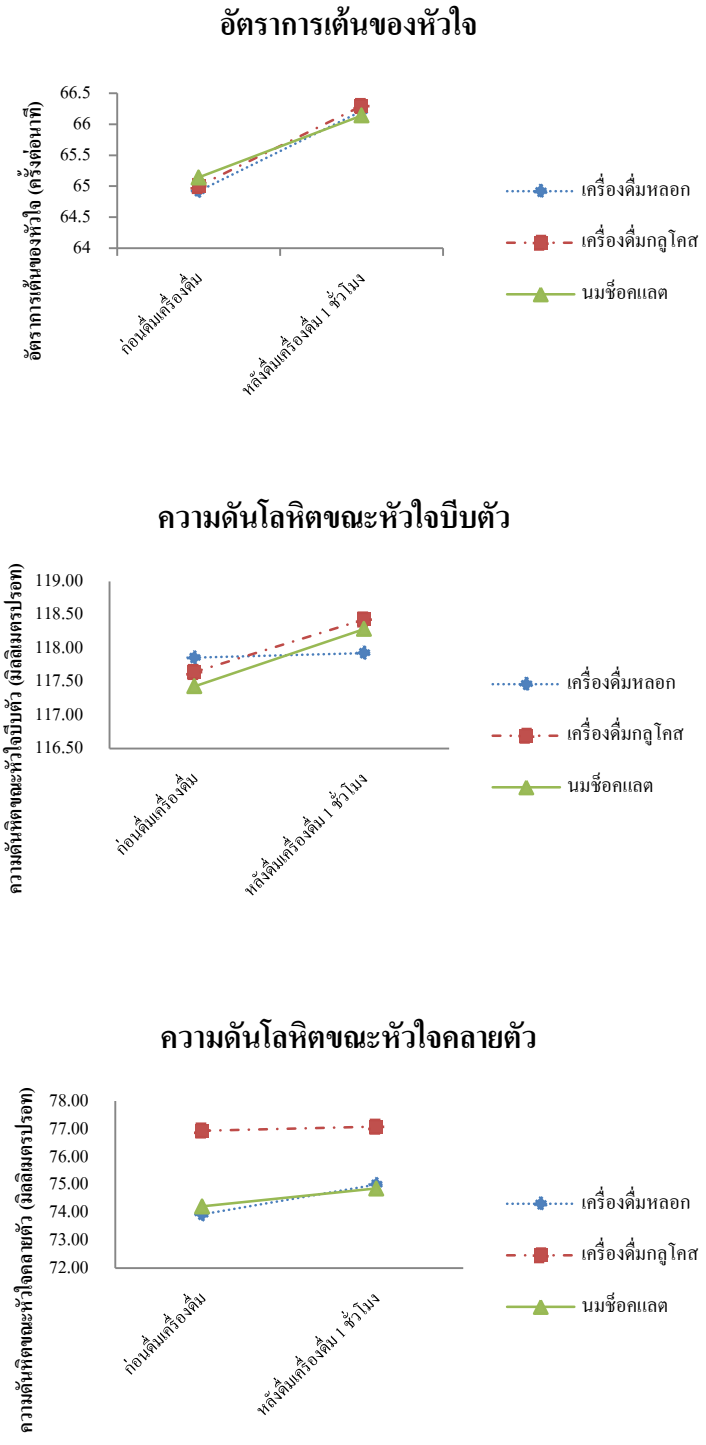
ตัวแปรทางสรีรวิทยา	เครื่องดื่มหลอก (n = 14)		เครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		นมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	p - value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	64.93	1.44	65.00	2.08	65.14	2.68	0.04	.964
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	117.86	1.83	117.64	3.27	117.43	2.98	0.64	.920
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	73.93	6.88	77.07	5.21	74.21	5.70	1.19	.316

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวก่อนการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาหลังการดื่มเครื่องดื่ม 1 ชั่วโมงระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

ตัวแปรทางสรีรวิทยา	เครื่องดื่มหลอก (n = 14)		เครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		นมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	p-value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	66.21	0.97	66.29	0.91	66.14	1.35	0.60	.942
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	117.93	2.16	118.43	2.10	118.29	2.76	0.17	.847
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	75.00	4.31	76.93	4.36	74.86	4.49	0.97	.387

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวหลังการดื่มเครื่องดื่ม 1 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต



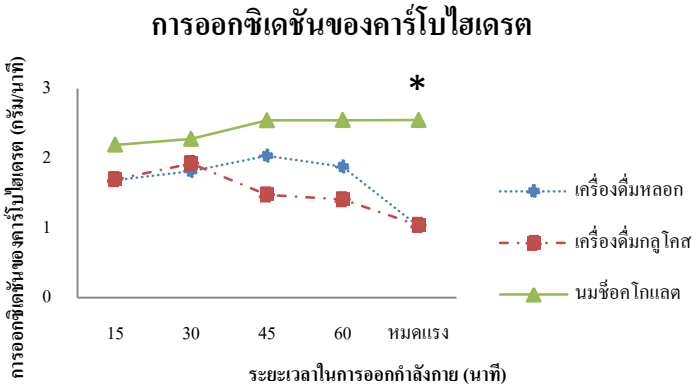
ภาพที่ 4.1 การเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ระหว่างก่อนดื่มเครื่องดื่ม และหลังการดื่มเครื่องดื่ม 1 ชั่วโมงในกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางกระบวนการเผาผลาญในร่างกาย

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

การออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรต (กรัม/นาที) / เวลา	เครื่องดื่มหลอก (n = 14)		เครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		นมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	p - value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
15 นาที	1.69	1.22	1.70	1.08	2.19	1.14	0.86	.431
30 นาที	1.81	1.43	1.93	1.26	2.28	1.58	0.38	.684
45 นาที	2.03	1.56	1.47	1.52	2.54	1.431	1.58	.219
60 นาที	1.88	1.58	1.41	1.06	2.54	1.57	1.65	.209
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	1.02	0.99	1.04	1.08	2.55$^{*,+}$	1.50	3.56	.050

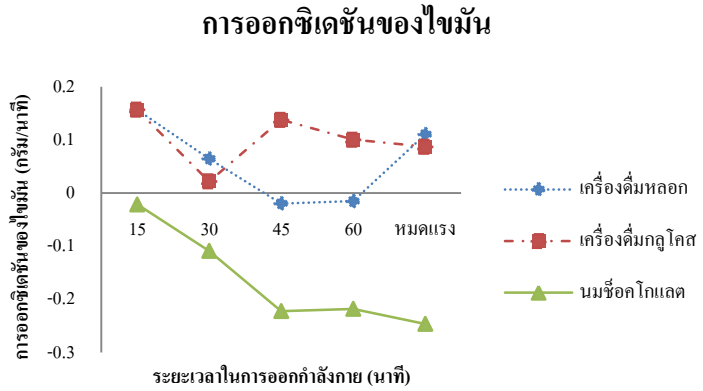
$^{*}p < .05$ แตกต่างกับเครื่องดื่มหลอก, $^{+}p < .05$ แตกต่างกับเครื่องดื่มกลูโคส



จากตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.2 พบว่า ขณะออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง การออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรตของกลุ่มนมช็อคโกแลตมีค่ามากกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการออกซิเดชั่นของไขมัน ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

การออกซิเดชั่นของไขมัน (กรัม/นาที) / เวลา	เครื่องดื่มหลอก (n = 14)		เครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		นมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	p - value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
15 นาที	0.16	0.49	0.16	0.50	-0.02	0.44	0.64	.536
30 นาที	0.06	0.61	0.02	0.58	-0.11	0.60	0.31	.733
45 นาที	-0.02	0.67	0.14	0.69	-0.22	0.57	0.98	.384
60 นาที	-0.02	0.68	0.10	0.47	-0.22	0.68	0.71	.501
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	0.11	0.45	0.09	0.41	-0.25	0.65	1.02	.382



จากผลตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.3 พบว่า ไม่พบความแตกต่างของการออกซิเดชั่นของไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

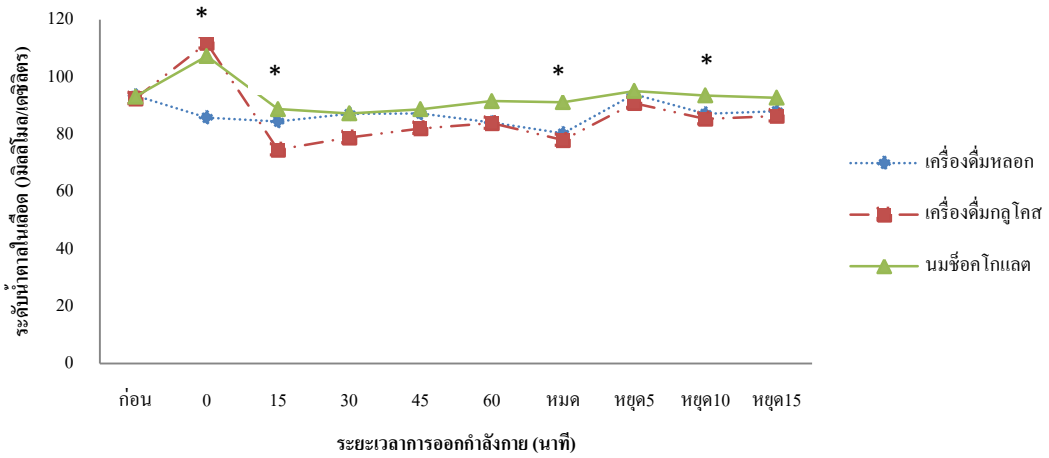
ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านชีวเคมีขณะออกกำลังกาย

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

ปริมาณน้ำตาลในเลือด (mg/dl) / เวลา	กลุ่มเครื่องดื่มหลอก (n = 14)		กลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		กลุ่มนมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	P-value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม	93.50	8.56	92.50	10.29	93.14	13.48	.03	.97
0 นาที	85.86	9.53	111.86*	23.30	107.28*	12.75	10.16	.000
15 นาที	84.50	6.68	74.64	13.47	88.79+	13.68	5.35	.009
30 นาที	87.14	9.07	78.86	7.65	87.29	10.97	3.74	.060
45 นาที	87.30	6.10	82.08	7.45	88.77	9.19	2.63	.086
60 นาที	84.11	14.86	83.89	6.58	91.60	9.42	1.60	.223
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	80.33	7.71	78.00	5.10	91.22*,+	9.55	5.42	.015
หยุดออกกำลังกาย 5 นาที	93.93	6.76	90.86	9.33	95.14	10.72	0.83	.445
หยุดออกกำลังกาย 10 นาที	87.21	7.66	85.43	8.34	93.57+	9.81	3.43	.042
หยุดออกกำลังกาย 15 นาที	88.07	10.34	86.43	7.86	92.79	9.60	1.75	.187

*$p < .05$ แตกต่างกับเครื่องดื่มหลอก, +$p < .05$ แตกต่างกับเครื่องดื่มกลูโคส

ปริมาณน้ำตาลในเลือด



จากตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.4 พบว่า ขณะออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายนาทีที่ 0 กลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลตมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่ากว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 15 กลุ่มนมช็อคโกแลตมีปริมาณน้ำตาลในเลือดสูงกว่ากลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระดับน้ำตาลขณะออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงของกลุ่มนมช็อคโกแลตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการออกกำลังกายนาทีที่ 10 กลุ่มเครื่องดื่มนมช็อคโกแลตมีระดับน้ำตาลในเลือดมากกว่ากลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอก

ปริมาณน้ำตาลในเลือด (mg/dl) / เวลา	กลุ่มเครื่องดื่มหลอก (n = 14)		ค่า f	P - value
	$\overline{X}$	S.D.		
ก่อนดื่มเครื่องดื่มการออกกำลังกาย	93.50	8.56		
0 นาที	85.86	9.53		
15 นาที	84.50	6.68		
30 นาที	87.14	9.07		
45 นาที	87.30	6.10	3.476	.014*
60 นาที	84.11	14.86		
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	80.33	7.71		
หยุดออกกำลังกาย 5 นาที	93.93	6.76		
หยุดออกกำลังกาย 10 นาที	87.21	7.66		
หยุดออกกำลังกาย 15 นาที	88.07	10.34		

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอก

ระดับน้ำตาลในเลือด (mg/dl)	$\overline{X}$	0	15	30	45	60	หมดแรง	หยุด 5	หยุด 10	หยุด 15
		85.86	84.50	87.14	87.30	84.11	80.33	93.93	87.21	88.07
นาทีที่ 0	85.86	-	1.36	-1.28	-1.44	1.75	5.53*	-8.07*	-1.35	-2.21
นาทีที่ 15	84.50		-	-2.64	-2.8	0.39	4.17	-9.43*	-2.71	-3.57
นาทีที่ 30	87.14			-	-0.16	3.03	6.81*	-6.79*	-0.07	-0.93
นาทีที่ 45	87.30				-	3.19	6.97*	-6.63*	0.09	-0.77
นาทีที่ 60	84.11					-	3.78	-9.82*	-3.10	-3.96
หมดแรง	80.33						-	-13.6*	-6.88*	-7.74*
หยุด 5	93.93							-	6.72*	5.86
หยุด 10	87.21								-	-0.86
หยุด 15	88.07									-

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ขณะออกกำลังกายปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มหลอก ณ เวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงต่ำกว่านาทีที่ 0 นาทีที่ 30 นาทีที่ 45 หลังหยุดออกกำลังนาทีที่ 5 หลังหยุดออกกำลังนาทีที่ 10 และหลังหยุดออกกำลังนาทีที่ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กับ อีกทั้งปริมาณน้ำตาลเมื่อหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 สูงกว่านาที่ที่ 0 นาทีที่ 15 นาทีที่ 30 นาทีที่ 45 นาทีที่ 60 และหลังหยุดออกกำลังนาทีที่ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส

ปริมาณน้ำตาลในเลือด (mg/dl) / เวลา	กลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส (n = 14) $\overline{X}$	S.D.	ค่า f	P - value
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม	92.50	10.29		
0 นาที	111.86	23.30		
15 นาที	74.64	13.47		
30 นาที	78.86	7.65		
45 นาที	82.08	7.45	14.78	.000*
60 นาที	83.89	6.58		
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	78.00	5.10		
หยุดออกกำลังกาย 5 นาที	90.86	9.33		
หยุดออกกำลังกาย 10 นาที	85.43	8.34		
หยุดออกกำลังกาย 15 นาที	86.43	7.86		

*p < .05

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส

ระดับน้ำตาลในเลือด (mg/dl)	$\overline{X}$	0 111.86	15 74.64	30 78.86	45 82.08	60 83.89	หมดแรง 78.00	หยุด 5 90.86	หยุด 10 85.43	หยุด 15 85.43
นาทีที่ 0	111.86	-	37.22*	33.00*	29.78*	27.97*	33.86*	21.00*	26.43*	26.43*
นาทีที่ 15	74.64		-	-4.22	-7.44	-9.25*	-3.36	-16.22*	-10.79*	-10.79*
นาทีที่ 30	78.86			-	-3.22	-5.03*	0.86	-12.00*	-6.57*	-6.57*
นาทีที่ 45	82.08				-	-1.81	4.08*	-8.78*	-3.35	-3.35
นาทีที่ 60	83.89					-	5.89*	-6.97*	-1.54	-1.54
หมดแรง	78.00						-	-12.86*	-7.43*	-7.43*
หยุด 5	90.86							-	5.43	5.43
หยุด 10	85.43								-	0
หยุด 15	85.43									-

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ขณะออกกำลังกายปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสในนาทีที่ 0 มีค่าสูงกว่านาทีที่ 15, 30, 45, 60 เวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง หลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5, 10 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 15 ปริมาณน้ำตาลในเลือดมีค่าต่ำกว่านาทีที่ 60 หลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5, 10 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 30 ปริมาณน้ำตาลในเลือดต่ำกว่านาทีที่ 60 หลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 45 ปริมาณน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าเวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง และหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กับ อีกทั้ง ณ เวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5, 10 และ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลต

ปริมาณน้ำตาลในเลือด (mg/dl) / เวลา	กลุ่มนมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	P - value
	$\overline{X}$	S.D.		
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม	93.14	13.48		
0 นาที	107.28	12.75		
15 นาที	88.79	13.68		
30 นาที	87.29	10.97		
45 นาที	88.77	9.19	7.55	.000*
60 นาที	91.60	9.42		
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	91.22	9.55		
หยุดออกกำลังกาย 5 นาที	95.14	10.72		
หยุดออกกำลังกาย 10 นาที	93.57	9.81		
หยุดออกกำลังกาย 15 นาที	92.79	9.60		

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.14 พบว่า ปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณน้ำตาลในเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลต

ระดับน้ำตาลในเลือด (mg/dl)	$\overline{X}$	0	15	30	45	60	หมดแรง	หยุด 5	หยุด 10	หยุด 15
		107.28	88.79	87.29	88.77	91.60	91.22	95.14	93.57	92.79
นาทีที่ 0	107.28	-	18.49*	19.99*	18.51*	15.68*	16.06*	12.14*	13.71*	14.49*
นาทีที่ 15	88.79		-	1.50	0.02	-2.81	-2.43	-6.35*	-4.78	-4.00
นาทีที่ 30	87.29			-	-1.48	-4.31*	-3.93	-7.85*	-6.28	-5.50
นาทีที่ 45	88.77				-	-2.83	-2.45	-6.37*	-4.80	-4.02
นาทีที่ 60	91.60					-	0.38	-3.54	-1.97	-1.19
หมดแรง	91.22						-	-3.92	-2.35	-1.57
หยุด 5	95.14							-	1.57	2.35
หยุด 10	93.57								-	0.78
หยุด 15	92.79									-

*$p < .05$

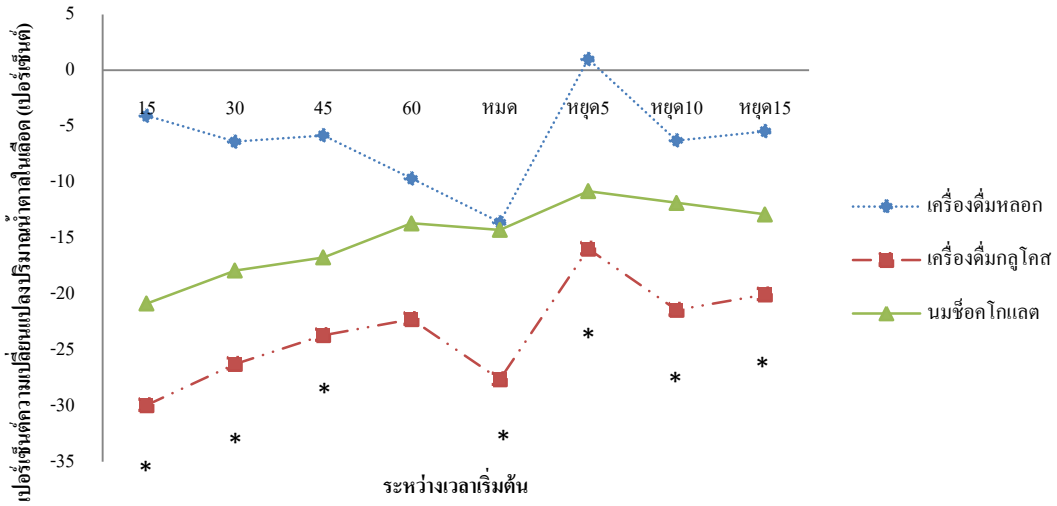
จากตารางที่ 4.15 พบว่า ขณะออกกำลังกายปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มนมช็อคโกแลตในนาทีที่ 0 สูงกว่านาทีที่ 15 นาทีที่ 30 นาทีที่ 45 นาทีที่ 60 เวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง หลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 หลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 และหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 15อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 15 ปริมาณน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 30 ปริมาณน้ำตาลในเลือดต่ำกว่านาทีที่ 60 และหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กับ อีกทั้งนาทีที่ 45 ปริมาณน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าเวลาหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

ปริมาณน้ำตาลในเลือด (เปอร์เซ็นต์) ระหว่างเวลา	กลุ่มเครื่องดื่มหลอก (n = 14)		กลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		กลุ่มนมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	P - value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
0 - 15 นาที	-4.07	13.14	-29.94*	20.91	-20.86*	12.01	9.597	.000
0 - 30 นาที	-6.39	10.30	-26.27*	17.94	-17.91	11.95	7.334	.002
0 - 45 นาที	-5.83	11.61	-23.69*	16.95	-16.74	8.28	6.932	.003
0 - 60 นาที	-9.68	16.16	-22.26	15.07	-13.68	11.33	2.811	.072
0 - ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	-13.60	7.38	-27.64*	13.84	-14.27+	9.32	7.916	.001
0 - หลังการออกกำลังกาย 5 นาที	1.00	8.81	-15.96*	16.78	-10.81*	9.54	7.033	.002
0 - หลังการออกกำลังกาย 10 นาที	-6.29	8.75	-21.43*	13.39	-11.85	12.96	5.809	.006
0 - หลังการออกกำลังกาย 15 นาที	-5.45	10.72	-20.06*	15.50	-12.89	9.84	4.964	.012

*p < .05 แตกต่างกับเครื่องดื่มหลอก, +p < .05 แตกต่างกับเครื่องดื่มกลูโคส

เปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในเลือด

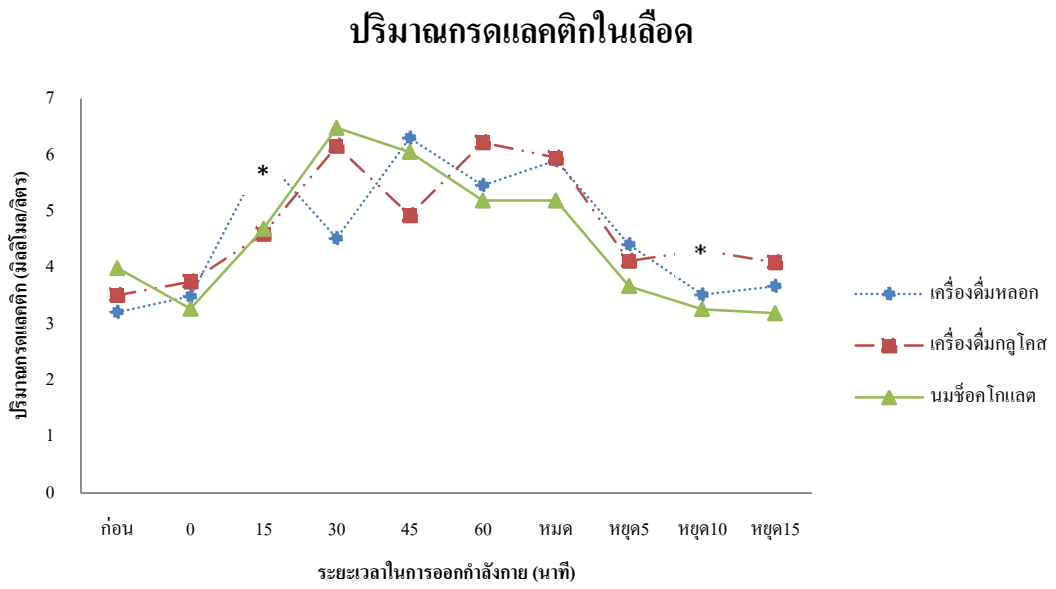


จากตารางที่ 4.16 และภาพที่ 4.5 พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มหลอกน้อยกว่ากลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสในระหว่างนาทีที่ 15 นาทีที่ 30 นาทีที่ 45 เวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง หลังหยุดการออกกำลังกายนาทีที่ 5 หลังหยุดการออกกำลังกายนาทีที่ 10 และหลังหยุดการออกกำลังกายนาทีที่ 15 อีกทั้งเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มหลอกน้อยกว่ากลุ่มนมช็อคโกแลตในระหว่างนาทีที่ 15 และหลังหยุดการออกกำลังกายนาทีที่ 5 นอกจากนั้นเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในเลือดของกลุ่มนมช็อคโกแลตน้อยกว่ากลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสขณะออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด (mmole/l) / เวลา	กลุ่มเครื่องดื่มหลอก (n = 14)		กลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		กลุ่มนมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	p - value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
ก่อนการออกกำลังกาย	3.21	0.53	3.51	1.00	3.99	0.91	3.03	.60
0 นาที	3.49	1.00	3.75	1.57	3.27	0.61	0.63	.539
15 นาที	5.97	1.42	4.60	0.69*	4.69	1.48*	5.31	.009
30 นาที	4.52	1.28	6.16	3.02	6.48	2.61	2.63	.085
45 นาที	6.30	4.49	4.93	1.90	6.05	2.34	0.71	.498
60 นาที	5.46	3.76	6.22	4.83	5.19	2.52	0.19	.830
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	5.90	3.16	5.95	2.19	5.19	2.52	0.48	.634
หลังการออกกำลังกาย 5 นาที	4.41	1.88	4.12	0.82	3.67	1.84	0.76	.475
หลังการออกกำลังกาย 10 นาที	3.52	0.83	4.31	1.16	3.26	1.00+	4.13	.024
หลังการออกกำลังกาย 15 นาที	3.67	1.34	4.09	1.19	3.19	0.79	2.28	.116

*$p < .05$ แตกต่างกับเครื่องดื่มหลอก, +$p < .05$ แตกต่างกับเครื่องดื่มกลูโคส



จากตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.6 พบว่าขณะออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกาย นาทีที่ 15 ระดับกรดแลคติกของกลุ่มเครื่องดื่มหลอกมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการออกกำลังกายนาทีที่ 10 กลุ่มเครื่องดื่มนมช็อคโกมีระดับกรดแลคติกในเลือดของกลุ่มนมช็อคโกแลตน้อยกว่ากลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอก

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด (mmole/l) / เวลา	กลุ่มเครื่องดื่มหลอก (n = 14)		ค่า f	p - value
	$\overline{X}$	S.D.		
ก่อนการออกกำลังกาย	3.21	0.53		
0 นาที	3.49	1.00		
15 นาที	5.97	1.42		
30 นาที	4.52	1.28		
45 นาที	6.30	4.49	4.17	.023*
60 นาที	5.46	3.76		
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	5.90	3.16		
หลังการออกกำลังกาย 5 นาที	4.41	1.88		
หลังการออกกำลังกาย 10 นาที	3.52	0.83		
หลังการออกกำลังกาย 15 นาที	3.67	1.34		

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.18 พบว่า ปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.19 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณกรดแลคติกเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มหลอก

ระดับกรดแลคติกในเลือด (mmole/l)	$\overline{X}$	0 3.49	15 5.97	30 4.52	45 6.30	60 5.46	หมดแรง 5.90	หยุด 5 4.41	หยุด 10 3.52	หยุด 15 3.67
นาทีที่ 0	3.49	-	-2.48*	-1.03*	-2.81	-1.97*	-2.41*	-0.92	-0.03	-0.18
นาทีที่ 15	5.97		-	1.45	-0.33	0.51	0.07	1.56*	2.45*	2.30
นาทีที่ 30	4.52			-	-1.78	-0.94	-1.38*	0.11	1.00*	0.85
นาทีที่ 45	6.30				-	0.84	0.4	1.89	2.78*	2.63*
นาทีที่ 60	5.46					-	-0.44	1.05	1.94*	1.79*
หมดแรง	5.90						-	1.49*	2.38*	2.23*
หยุด 5	4.41							-	0.89*	0.74
หยุด 10	3.52								-	-0.15
หยุด 15	3.67									-

*p < .05

จากตารางที่ 4.19 พบว่า ขณะออกกำลังกายปริมาณกรดแลคติกในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มหลอกในนาทีที่ 0 ต่ำกว่านาทีที่ 15 นาทีที่ 30 นาทีที่ 60 และเวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 15 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มหลอกสูงกว่าเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 และหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 30 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง และหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 45 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 และหลังการหยุดออกกำลังกายนาที่ที่ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 60 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 และหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 15 กว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ณ เวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงปริมาณกรด แลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 และเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด (mmole/l) / เวลา	กลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		ค่า f	p - value
	$\overline{X}$	S.D.		
ก่อนการออกกำลังกาย	3.51	1.00		
0 นาที	3.75	1.57		
15 นาที	4.60	0.69*		
30 นาที	6.16	3.02		
45 นาที	4.93	1.90		
60 นาที	6.22	4.83	3.34	.031*
ขณะเหนื่อจนหมดแรง	5.95	2.19		
หลังการออกกำลังกาย 5 นาที	4.12	0.82		
หลังการออกกำลังกาย 10 นาที	4.31	1.16		
หลังการออกกำลังกาย 15 นาที	4.09	1.19		

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.20 พบว่า ปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.21 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณกรดแลคติกเลือดภายในกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส

ระดับกรดแลคติกในเลือด (mmole/l)	$\overline{X}$	0	15	30	45	60	หมดแรง	หยุด 5	หยุด 10	หยุด 15
		3.75	4.60	6.16	4.90	6.22	6.00	4.12	4.31	4.09
นาทีที่ 0	3.75	-	-0.85	-2.41*	-1.15	-2.47*	-2.25*	-0.37	-0.56	-0.34
นาทีที่ 15	4.60		-	-1.56	-0.3	-1.62	-1.4	0.48	0.29	0.51
นาทีที่ 30	6.16			-	1.26	-0.06	0.16	2.04*	1.85	2.07*
นาทีที่ 45	4.90				-	-1.32	-1.1	0.78	0.59	0.81
นาทีที่ 60	6.22					-	0.22	2.1*	1.91	2.13*
หมดแรง	6.00						-	1.88	1.69	1.91
หยุด 5	4.12							-	-0.19	0.03
หยุด 10	4.31								-	0.22
หยุด 15	4.09									-

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.21 พบว่า ขณะออกกำลังกายปริมาณกรดแลคติกในเลือดของกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคสในนาทีที่ 0 ต่ำกว่านาทีที่ 30 นาทีที่ 60 และเวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 30 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 และเวลาหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 60 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 และหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลต

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด (mmole/l) / เวลา	กลุ่มนมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	p - value
	$\overline{X}$	S.D.		
ก่อนการออกกำลังกาย	3.99	0.91		
0 นาที	3.27	0.61		
15 นาที	4.69	1.48*		
30 นาที	6.48	2.61		
45 นาที	6.05	2.34	8.54	.000*
60 นาที	5.19	2.52		
ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	5.19	2.52		
หลังการออกกำลังกาย 5 นาที	3.67	1.84		
หลังการออกกำลังกาย 10 นาที	3.26	1.00+		
หลังการออกกำลังกาย 15 นาที	3.19	0.79		

*$p < .05$

จากตารางที่ 4.22 พบว่า ปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มช็อคโกแลตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.23 การเปรียบเทียบรายคู่ของปริมาณกรดแลคติกเลือดภายในกลุ่มนมช็อคโกแลต

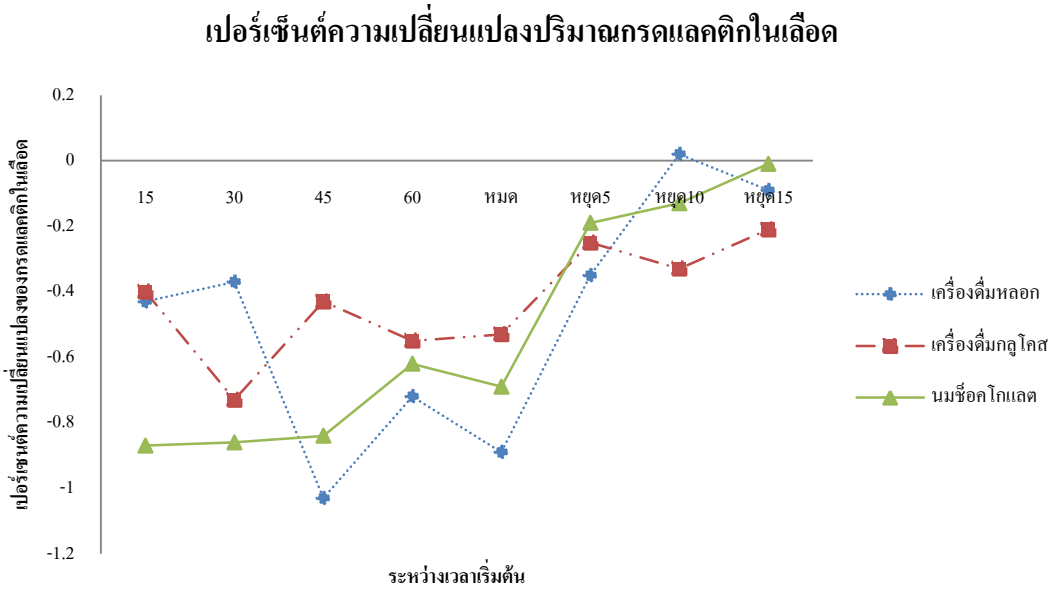
ระดับกรดแลคติกในเลือด (mmole/l)	$\overline{X}$	0 3.27	15 4.69	30 6.48	45 6.10	60 5.19	หมดแรง 5.20	หยุด 5 3.67	หยุด 10 3.26	หยุด 15 3.19
นาทีที่ 0	3.27	-	-1.42*	-3.21*	-2.83*	-1.92*	-1.93*	-0.40	0.01	0.08
นาทีที่ 15	4.69		-	-1.79	-1.41	-0.50	-0.51	1.02	1.43	1.50
นาทีที่ 30	6.48			-	0.38	1.29	1.28	2.81*	3.22*	3.29*
นาทีที่ 45	6.10				-	0.91	0.90	2.43*	2.84*	2.91*
นาทีที่ 60	5.19					-	-0.01	1.52	1.93*	2.00*
หมดแรง	5.20						-	1.53	1.94*	2.01*
หยุด 5	3.67							-	0.41	0.48
หยุด 10	3.26								-	0.07
หยุด 15	3.19									-

*p < .05

จากตารางที่ 4. 23 พบว่า ขณะออกกำลังกายปริมาณกรดแลคติกในเลือดของกลุ่มนมช็อคโกแลตในนาทีที่ 0 มีต่ำกว่านาทีที่ 15 นาทีที่ 30 นาทีที่ 45 นาทีที่ 60 และเวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 30 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 เวลาหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 และเวลาหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 45 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 5 เวลาหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 และเวลาหลังการหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นาทีที่ 60 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 และหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 15อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ณ เวลาที่ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงปริมาณกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าเวลาหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 10 และหลังหยุดออกกำลังกายนาทีที่ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลต

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด (mmole/l) ระหว่างเวลา	กลุ่มเครื่องดื่มหลอก (n = 14)		กลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		กลุ่มนมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	P - value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
0 - 15 นาที	-0.43	0.61	-0.40	0.57	-0.87	0.59	2.780	.074
0 - 30 นาที	-0.37	0.53	-0.73	0.79	-0.86	0.51	2.263	.118
0 - 45 นาที	-1.03	1.89	-0.43	0.54	-0.84	0.75	.909	.411
0 - 60 นาที	-0.72	1.21	-0.55	0.93	-0.62	0.78	.906	.906
0 - ขณะเหนื่อยจนหมดแรง	-0.89	1.36	-0.53	0.81	-0.69	0.70	.454	.638
0 - หลังการออกกำลังกาย 5 นาที	-0.35	0.73	-0.25	0.53	-0.19	0.72	.211	.811
0 - หลังการออกกำลังกาย 10 นาที	0.02	0.28	-0.33	0.68	-0.13	0.47	1.717	.193
0 - หลังการออกกำลังกาย 15 นาที	-0.09	0.39	-0.21	0.47	-0.01	0.34	.890	.419



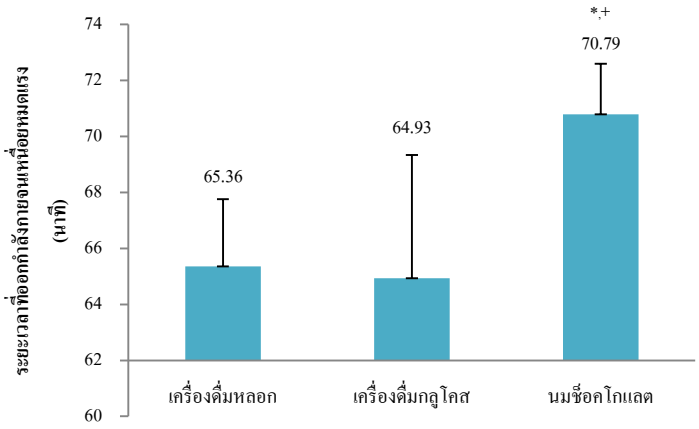
จากตารางที่ 4.24 และภาพที่ 4.7 พบว่า ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของของเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มหลอก เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกาย

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถในการออกกำลังกายได้ยาวนาน

ตารางที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

ตัวแปรความสามารถในการออกกำลังกายได้ยาวนาน	เครื่องดื่มหลอก (n = 14)		เครื่องดื่มกลูโคส (n = 14)		นมช็อคโกแลต (n = 14)		ค่า f	p - value
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
ระยะเวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (นาที)	65.36	8.31	64.93	7.72	70.79*,+	8.45	2.24	.120

*p < .05 แตกต่างกับเครื่องดื่มหลอก, +p < .05 แตกต่างกับเครื่องดื่มกลูโคส



จากตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.8 พบว่า กลุ่มนมช็อคโกแลตสามารถออกกำลังกายได้นานกว่ากลุ่มเครื่องดื่มหลอก และกลุ่มเครื่องดื่มกลูโคส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัชรินทร์ อังศุภากร. สรีรวิทยาของมนุษย์. คณะแพทยศาสตร์ รามาธิบดีมหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ: ปริ้นติ้งกราฟฟิก 2540.

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ธรรกมลการพิมพ์, 2536, อ้างถึงใน ดรุณวรรณ สุขสม. เอกสารประกอบคำสอนวิชา เวชศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2524.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงฉลาด. ปทานุกรมศัพท์ : กีฬา พลศึกษา และวิทยาศาสตร์การกีฬา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544, อ้างถึงใน ดรุณวรรณ สุขสม. เอกสารประกอบคำสอนวิชา เวชศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูลย์. เอกสารคำสอนวิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

ธนเศรษฐ์ เสนาวงศ์. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีวเคมี. ขอนแก่น: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.

นฤมล ลีลายุวัฒน์. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

นุชรีย์ ชูประดิษฐ์. ผลของการดื่มเครื่องดื่มที่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตร่วมกับโปรตีนและกรดอะมิโนในขณะออกกำลังกายที่มีต่อสมรรถภาพความทนทาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล, 2548.

พีระพงษ์ บุญศิริและภมร เสนาฤทธิ์. โภชนาการการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด 2544.

มงคล แฝงสาเคน. วิทยาศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ : ศิลปาบรรณาคาร, 2541

ยุภาพร คานเพชรทา. ผลของอาหารสริมต่อการฟื้นสภาพจากการออกกำลังกายในนักฟุตบอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.

วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ. ผลของการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่อการฟื้นสภาพและความสามารถทางกาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2552.

สุนทรา กล้าณรงค์. เวชศาสตร์การกีฬา. สงขลา: งานส่งเสริมการผลิตตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2540.

สุนีย์ สหัสโพธิ์. ชีวเคมีทางโภชนาการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2554.

อุดม ทิพยมนตรี. การอบรมวิชาการสรีร-พยาธิสรีรวิทยา. คณะวิทยาศาสตร์และภาควิชาสรีรวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลร่วมกับสรีรวิทยาสมาคม วันที่ 6 - 9 พฤษภาคม 2540.

อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม. วิ่งสู่วิถีชีวิตใหม่. กรุงเทพฯ : บริษัทอาคเนย์ประกันภัย จำกัด, 2528.

ภาษาอังกฤษ

Achten, J., Halson, S. L., Moseley, L., et al. Higher dietary carbohydrate content during intensified running training results in better maintenance of performance and mood state. J Appl Physiol 96 (2004): 1331 - 1340.

Ada - American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. J Am Diet Assoc 109 (2009): 509 – 527.

Astrand P. O., and Rodahl K. Work Physiology. New York: McGraw-Hill, 1970.

Baechle T.R., and Earle R.W. Fitness Weight Training. 2nd Edition. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 2005.

Browning K. S., and Ivy J. L. Regulation of GLUT-4 protein expression and glycogen storage after prolonged exercise. Acta Physiol 165 (1999):193–201.

Bucci L, Hickson JF, Pivarnik JM et al. Ornithine ingestion and growth hormonerelease in bodybuilders. Nutrition Research. 10 (1990): 239-45.

Cohen, J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, 1st Edition, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1969.

Costill D. L., Coyle E., Dalsky G., Evans W., Fink W., and Hoopes, D. Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. J Appl Physiol 43 (1977): 695 – 699.

Costill D. L., Flynn M. G., Kirwan J. P., et al. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. Med Sci Sports Exerc 20 (1988): 249 - 254.

Coyle E. F., Coggan, A. R., Hemmert M. K. and Ivy J. L. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. J Appl Physiol 61 (1986): 165 – 172.

Coyle, E. F. Carbohydrate feedings: Effects on metabolism performance and recovery. Med Sport Sci. 32 (1991): 1-14.

Decombaz DS, Arnaud MJ, Thelin AL, Schurch P, and Howald H. Oxidation and metabolic effects of fructose or glucose ingested before exercise. Int J Sports Med. 6 (1985), 282–286.

Febbraio M. A., and Stewart K. L. CHO feeding before prolonged exercise: effect of glycemic index on muscle glycogenolysis and exercise performance. J Appl Physiol 81 (1996): 1115 – 1120.

Febbraio M. A., Keenan J., Angus D.J., Campbell S. E., and Garnham A. P. Pre exercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. J Appl Physiol 89 (2000): 1845 – 1851.

Fernández-Murgaa L., Tarínb J. J., García-Perezc M. A., and Cano A. The impact of chocolate on cardiovascular health. Maturitas 69 (2011): 312 – 321.

Fielding R.A., Costill D. L., Fink W. J., King D. S., Kovaleski J. E., and Kirwan J. P. Effects of pre-exercise carbohydrate feedings on muscle glycogen use during exercise in well-rained runners. J Appl Physiol 56 (1987): 225 – 259.

Gordon M. Wardlaw and Anne M. Smith. Contemporary nutrition. 7th ed. Boston : McGraw-Hill Higher Education, 2009.

Guezennec C.Y., Abdelmalki A., and Serrurier B. Effect of prolonged exercise on brain ammonia and amino acids. Int J Sports Med. 19 (1998), 323–327.

Hargreaves M., Costill D. L., Fink W. J., King D. S., and Fielding R. A. Effect of pre exercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance. Med Sci Sports Exerc 19 (1987): 33 – 36.

Hawley J. A., Dennis S. C., and Noakes T. D. Oxidation of carbohydrate ingested during prolonged endurance exercise. Sports Medicine 14 (1992), 27 - 42.

Hermansen L., Hultman E., and Saltin, B. Muscle glycogen during prolonged severe exercise. Acta Physiol Scand 71 (1967): 129 – 139.

International Association of Athletics Federations. Competition Rules 2009: Road Races. [Online]. 2009. Available from: http://www.bcathletics.org/main/rr_iaaf.htm [2013, May 2]

Ivy J. L., Ding, Z., Hwang H., Cialdella-Kam L. C., and Morrison P. J. Post exercise carbohydrate-protein supplementation: phosphorylation of muscle proteins involved in glycogen synthesis and protein translation. Amino Acids 35 (2008) 89 – 97.

Ivy J. L., Goforth H. W. Jr., Damon B. M., McCauley T. R., Parsons E. C., and Price T. B. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrateprotein supplement. J Appl Physiol 93 (2002): 1337 – 1344.

Ivy J. L., Res P. T., Sprague R. C. and Widzer M. O.. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. Int. J. Sport Nutr 13 (2003):388–401.

Jason K. W. Lee., Ronald J. Maughan, Susan M. Shirreffs, and Phillip Watson. Effects of milk ingestion on prolonged exercise capacity in young, healthy men. Nutrition 24 (2008): 340–347.

Jeukendrup A. E., Stegen J. H. J. C., Gijsen A., Brouns F., Saris W. H. M., and Wagenmakers A. J. M.. Carbohydrate ingestion can completely suppress endogenous glucose production during exercise. Am J Physiol. 276 (1999): E672-E683.

Karlsson J., and Saltin B. Diet, muscle glycogen, and endurance performance. J Appl Physiol 31 (1971): 203 – 206.

Karp JR, Johnston JD, Tecklenburg J, Mickelborough TD, Fly AD, and Stager JM. Chocolate milk as a post-exercise recovery aid. J Sport Nutr Exerc Metab 16(2006): 78 - 91.

Levine L., Evans W.J., Cadarette B. S., Fisher E. C., and Bullen B. A. Fructose and glucose ingestion and muscle glycogen use during submaximal exercise. J Appl Physiol 55 (1983): 1767 – 1771.

Marathonguide. Marathon Records. [Online]. 2013. Available from: http://www.marathonguide.com/history/records/alltimelist.cfm?Gen=M&Sort=Time [2013, May 2]

Mathews CK, Van Holde KE, and Ahern KG. Biochemistry. 3rd edition. Sanfrancisco, California: Benjamin/Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, 2000.

Maughan R. J., Betthell L. R., and Leiper J. B. Effects of ingested fluids on exercise capacity and on cardiovascular and metabokic response to prolonged exercise in man. Exp Physiol (1996).

McArdle W.D., Katch F.I., and Katch V.L. Exercise Physiology: energy, nutrition, and human performance. 5th Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

McConell G., Snow R. J., Proietto J., and Hargreaves M. Muscle metabolism during prolonged exercise in humans: influence of carbohydrate availability. J Appl Physiol 87 (1999): 1083 – 1086.

McShea Andrew, Munro Emma Ramiro – Puig, Sandra B., Casadesus Gemma, Castell Margarida, and Smith A. Mark. Clinical benefit and preservation of flavonols in dark chocolate manufacturing. Nutrition 66 (2011) 630 – 641.

Montain Scott J., Hopper Mark K., Coggan Andrew R., and Coyle Edward F. Exercise metabolism at different time intervals after meal. The American Physiological Society (1991).

Monteiro G. A., Aoki M. S., Santos C. B., Monteiro A. G., Russo A., and Picarr, I.C. Effects of branched-chain amino acid (BCAA) supplementation on endurance exercise performance of pregnant rats. Science & Sports 24 (2009): 102–107.

Morifuji M., Kanda A., Koga J., Kawanaka K., and Higuchi M. Post-exercise carbohydrate plus whey protein hydrolysates supplementation increases skeletal muscle glycogen level in rats. Amino Acids 38 (2010): 1109 – 1115.

Morifuji Masashi, Kanda Atsushi, Koga Jinichiro, Kawanaka Kentaro, and Higuchi Mitsuru. Preexercise ingestion of carbohydrate plus whey protein hydrolysates attenuates skeletal muscle glycogen depletion during exercise in rats. Nutrition 27 (2011): 833 – 837.

Mosora F, Lacroix M, Luyckx A, Pallikarakis N, Pirnay F, Krzentowski G, and LefeÁbvre P. Glucose oxidation in relation to the size of the oral glucose loading dose. Metabolism 30 (1981), 1143 - 1149.

Olympic London 2012. Record progression. [Online]. 2012. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Triathlon_at_the_Summer_Olympics [2013, May 2]

Pallikarakis N., Jandrain B., Pirnay F., Mosora F., Lacroix M., Luyckx A.S., and Lefevre P.J. Remarkable metabolic availability of oral glucose during long-duration exercise in humans. J Appl. Physiol. 60 (1986): 1035-1042.

Sousa M. V., Madsen K., Simoes H. G., et al. Effects of carbohydrate supplementation on competitive runners undergoing overload training followed by a session of intermittent exercise. J Appl Physiol 109 (2010): 507 - 516.

Stephanie F Gilson, Michael J Saunders, Charles W Moran, Rebecca W Moore, Christopher J Womack, and M Kent Todd. Effects of chocolate milk consumption on markers of muscle recovery following soccer training: a randomized cross-over study. J Int Soc Sports Nutr 7(2010): 19.

Thomas K, Morris P, and Stevenson E. Improved endurance capacity following chocolate milk consumption compared with 2 commercially available sport drinks. Appl Physiol Nutr Metab 34(2009): 78 - 82.

Van Loon L. J., Saris W. H., Kruijshoop M., and Wagenmakers, A. J. Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. Am J Clin Nutr 72 (2000): 106 – 111.

Widrick J. J, Costill D. L., Fink W. J., Hickey, M. S., McConell G. K., and Tanaka H. Carbohydrate feedings and exercise performance: effect of initial muscle glycogen concentration. J Appl Physiol 74 (1993): 2998 – 3005.

Williams M. B., Raven P. B., Fogt D. L. and Ivy J. L. Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. J. Strength Cond. Res. 17 (2003): 12–19.

Wilmore JH and Costill DL. Physiology of Sport and Exercise. 3rd Edition. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005.

Yaspelkis B. and J.L. Ivy. Thermoregulation and metabolism during exercise in the heat: effects of carbohydrate beverages and H2O. American College of Sports Medicine Annual Meeting, Orlando, FL.: 1991.

Zawadzki K. M., Yaspelkis B. B., and Ivy J. L. Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen-storage after exercise. J Appl Physiol 72 (1992): 1854 – 1867.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

AF 01-12

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

---

COA No. 174/2555

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 139.1/55 : ผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานานของเยาวชนเพศชาย

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวณธีรา เฮงเจริญ

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 7 ธันวาคม 2555 **วันหมดอายุ** : 6 ธันวาคม 2556

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) ใบประชาสัมพันธ์

ที่โครงการวิจัย 139.1/55
วันที่รับรอง - 7 ธ.ค. 2555
วันหมดอายุ - 6 ธ.ค. 2555

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
*4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น***
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามประวัติทั่วไปก่อนการออกกำลังกาย (สำหรับผู้มีอายุตั้งแต่ 15 – 69 ปี)

PAR – Q & YOU (Physical Activity Readiness Questionnaire)

การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอช่วยให้เกิดความเพลิดเพลินและสุขภาพที่ดี อย่างไรก็ดีการออกกำลังกายยังเป็นสิ่งที่ปลอดภัยสำหรับคนส่วนใหญ่ แบบสอบถามด้านล่างนี้ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้ทุกคนที่มีอายุตั้งแต่ 15 – 69 ปี สามารถใช้ในการตรวจสอบว่าคุณควรจะพบแพทย์ก่อนการออกกำลังกายหรือไม่ สำหรับบุคคลที่มีอายุมากกว่า 69 ปีขึ้นไป และไม่เคยออกกำลังกายอย่างจริงจัง ควรพบแพทย์ของท่านก่อนเพื่อความปลอดภัย

การใช้ความรู้สึกพื้นฐานในการตอบคำถามเหลี้จะเป็นสิ่งที่ดีที่สุด กรุณาอ่านคำถามทั้งหมดอย่างละเอียดและตอบคำความตามความเป็นจริง

ใช่	ไม่ใช่	
☐	☐	1. คุณเคยได้รับคำบอกกล่าวจากแพทย์เกี่ยวกับปัญหาทางด้านหัวใจ และคุณควรจะออกกำลังกายตามคำแนะนำของแพทย์เท่านั้นหรือไม่
☐	☐	2. คุณเคยเจ็บหน้าอกหรือแน่นหน้าอกขณะออกกำลังกายหรือไม่
☐	☐	3. ในช่วงเดือนที่ผ่านมาคุณเคยมีปัญหาเจ็บหน้าอกหรือแน่นหน้าอกเมื่อคุณไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่
☐	☐	4. คุณเคยเสียการทรงตัวเนื่องจากอาการวิงเวียนศีรษะ หรือหมดสติหรือไม่
☐	☐	5. คุณเคยมีปัญหาเกี่ยวกับกระดูกหรือข้อต่อที่อาการอาจกำเริบเนื่องจากการออกกำลังกายหรือไม่
☐	☐	6. คุณเคยได้รับการสั่งยาเกี่ยวกับโรคหัวใจหรือยาที่มีผลกับความดันโลหิตหรือไม่
☐	☐	7. คุณทราบถึงเหตุผลอื่น ที่คุณไม่ควรเพิ่มการออกกำลังของคุณหรือไม่

ถ้าคุณเลือก “ใช่” ในข้อใดข้อหนึ่ง หรือมากกว่า

คุณควรปรึกษาแพทย์เกี่ยวกับแบบสอบถามในข้อที่ตอบว่า “ใช่”

คุณยังคงออกกำลังกายได้ตามที่คุณต้องการ โดยเริ่มการออกกำลังกายอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ หรือคุณอาจจะกำหนดการออกกำลังกายที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับตนเองโดยขอคำแนะนำจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชนิดของกิจกรรมที่คุณสามารถทำได้

ถ้าคุณเลือก “ไม่ใช่” ในการตอบคำถามทั้งหมด

คุณแน่ใจได้เลยว่า คุณสามารถเริ่มออกกำลังกายตามที่คุณต้องการ

- คุณเริ่มออกกำลังกายได้โดยเริ่มจากการทำช้า ๆ และทำอย่างสม่ำเสมอซึ่งเป็นวิธีปลอดภัยและง่ายที่สุด
- ถ้าคุณรู้สึกไม่สบายเนื่องจากการเจ็บป่วยเล็กน้อย เช่นเป็นไข้หวัด คุณควรจะพักจนกว่ารู้สึกดีขึ้นและหายจากอาการเจ็บป่วยนั้น ๆ ก่อนที่จะกลับมาออกกำลังกายอีกครั้ง

ข้าพเจ้าได้อ่าน ทำความเข้าใจและได้กรอกแบบสอบถามนี้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ด้วยความเต็มใจ

ชื่อ – สกุล ..... วันที่ .....

ลายเซ็นต์ ..... พยาน .....

ภาคผนวก ค

รับสมัคร เข้าร่วมโครงการวิจัย

134-1/55
7 S.A. 2555
6 S.A. 2556

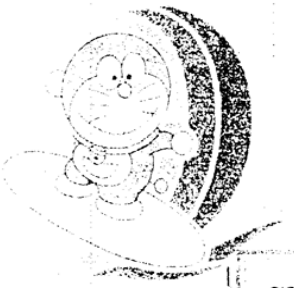
เรื่อง ผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานานของเยาวชนเพศชาย

"นิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุ18 – 23 ปี"

มีบริการตรวจวัด และทดสอบสมรรถภาพทางกาย
พร้อมทั้งค่าตอบแทนสำหรับผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย

คุณสมบัติของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

- เพศชายที่มีอายุระหว่าง 18 – 23 ปี
- มีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น
- ไม่เป็นโรคแพ้นม (Lactose Intolerance)



ระหว่างเดือน ธันวาคม 2555 - กุมภาพันธ์ 2556
พบกันทั้งหมด 4 ครั้ง มีการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว 10 ครั้งต่อการทดลอง
เวลา 07.00 - 10.00 น. ที่ ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สอบถาม: นางสาวณธีรา เฮงเจริญ โทร 0814836611

ภาคผนวก ง

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานานของเยาวชนเพศชาย

ชื่อผู้วิจัย นางสาวณธีรา เฮงเจริญ นิสิตปริญญาโท แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ 02-6417320

โทรศัพท์มือถือ 081-4836611 **อีเมล์** : fon.nath@gmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

181/55
7 ส.ค. 2555
- 6 ส.ค. 2556

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

โครงการนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยศึกษาถึงผลของนมช็อคโกแลตที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานานของเยาวชนเพศชายเป็นอย่างไร ซึ่งเป็นการนำศาสตร์ด้านโภชนาการกีฬาเข้ามาช่วยเสริมประสิทธิภาพการออกกำลังกายระยะเวลานานในด้านระบบไหลเวียน และเมตาบอลิก ซึ่งมีแบบแผนการทดลองที่ใช้เป็นแบบการทดลองแบบไขว้ โดยผู้มีส่วนร่วมการวิจัยแต่ละคนจะได้รับเครื่องดื่มเหมือนกันทั้ง 3 ชนิด

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้

1. เพื่อศึกษาผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานาน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของนมช็อคโกแลตกับเครื่องดื่มกลูโคสก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานาน

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้เป็นเยาวชนเพศชาย อายุ 18-23 ปี เพศชาย จำนวน 18 คน โดยทำการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง และสมัครใจเข้าร่วมในการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. เยาวชนเพศชายที่มีอายุระหว่าง 18 – 23 ปี
2. มีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรค หรืออาการที่ทำให้ไม่พร้อมที่จะออกกำลังกายโดยประเมินแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire; PAR - Q) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องตอบว่า "ไม่เคย" ทุกข้อจึงจะสามารถผ่านเกณฑ์

3. ไม่เป็นโรคแพ้นม

4. ไม่เป็นโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น

5. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. รับประทานอาหารเสริมชนิดอื่นระหว่างการวิจัย

2. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

157.1/55
7 S.A. 2555
6 S.A. 2556

กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ผู้สมัครเข้าร่วมและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า***คือ เป็นเยาวชนเพศชายที่มีอายุระหว่าง 18 – 23 ปี มีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรค หรืออาการที่ทำให้ไม่พร้อมที่จะออกกำลังกายโดยประเมินแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องตอบว่า "ไม่เคย" ทุกข้อจึงจะสามารถผ่านเกณฑ์ไม่เป็นโรคแพ้นม ไม่เป็นโรคเบาหวาน และมีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย นอกจากนั้นต้องไม่รับประทานอาหารเสริมชนิดอื่นระหว่างการวิจัย มิเช่นนั้นจะถือว่าออกจากการวิจัย*** อีกทั้งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับทราบรายละเอียดวิธีปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล และลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย *โดยผู้วิจัยจัดสถานที่ทำการอบรมให้ผู้มีส่วนร่วมการวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการออกกำลังกาย และการเตรียมตัวก่อนการออกกำลังกายซึ่งเกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ห้องปฏิบัติการ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

2. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ***เพื่อกำหนดความหนักในการออกกำลังกาย โดยกำหนดจากอัตราการเต้นของหัวใจในขณะเกิดระดับกั้นแอนแอโรบิก ด้วยวิธีของบรูซ ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ว่าเมื่ออาสาสมัครมีอาการอย่างไรจึงควรหยุดออกกำลังกาย และมีความสามารถในการปฐมพยาบาลและช่วยชีวิต ตลอดจนสถานที่การทดสอบมีมาตรการสำหรับภาวะฉุกเฉินไว้ โดยมีการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และวัดความดันโลหิต ตลอดการทดสอบ และมีเครื่องช่วยชีวิตอัตโนมัติ กลุ่มตัวอย่างได้รับการคัดกรองโรคประจำตัว เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ ออกแล้ว ดังนั้นความเสี่ยงอันอาจจะเกิดอันตรายจึงมีน้อยมาก***

3. กำหนดให้ผู้เข้าร่วมรับประทานเครื่องดื่ม 3 ชนิด คือ เครื่องดื่มหลอกที่ผสมจากสารให้ความหวาน และกลิ่นผลไม้ เครื่องดื่มกลูโคส และนมช็อคโกแลตเป็นลำดับสุดท้าย ระยะห่างที่รับประทานเครื่องดื่มแต่ละชนิดคือ 3 สัปดาห์ ซึ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยงดอาหารตั้งแต่หลังเที่ยงคืนของวันทำการทดลอง นัดผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเวลา 07.30 น.เพื่อทดสอบตัวแปรก่อนออกกำลังกาย เวลา 08.00 น. รับประทานเครื่องดื่มที่กำหนดให้ก่อนการออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง เนื่องจากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะสามารถ และดูดซึมสารอาหารที่รับประทาน เวลา 09.00 น.***ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย***ออกกำลังกาย ดังนี้ การ

ออกกำลังกาย: ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงเท่าที่ผู้เข้าร่วมจะสามารถทำได้โดยการวิ่งบนลู่กล ด้วยความหนัก 70% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

4. วิธีการเก็บข้อมูล โดยวันที่ 1 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด วันที่ 2 – 4 ทดสอบตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง เปอร์เซ็นต์ไขมัน และความดันโลหิต ก่อนการรับประทานเครื่องดื่ม และหลังการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ซึ่ง***การออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง หมายความว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่สามารถออกกำลังกายต่อไปได้อีกอาจเกิดจากความเมื่อย ความล้า ความเหนื่อย*** ทำการเจาะเลือดโด***ยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการเจาะเลือดด้วยเข็มที่ปลายนิ้วให้ได้เลือดปริมาณ 1 หยดในการตรวจในการตรวจน้ำตาลต่อการตรวจ 1 ครั้ง และเลือดปริมาณ 1 หยดในการตรวจกรดแลคติกต่อการตรวจ 1 ครั้ง***โดยการตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือดจะทำการตวจด้วย***เครื่องตรวจน้ำตาล*** และกรดแลคติกในเลือดทำการตรวจด้วย***เครื่องตรวจกรดแลคติก*** ก่อนการรับประทานเครื่องดื่ม หลังรับประทานเครื่องดื่ม 1 ชั่วโมง ขณะออกกำลังกายที่ 15 นาที 30 นาที 45 นาที 60 นาที และหลังการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ทันที 5 นาที 10 นาที และ 15 นาที โดยทำการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนการหายใจ ใช้วิเคราะห์แก๊ส ตั้งแต่เริ่มออกกำลัง ถึงการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง โดยผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

4.1 ตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่

4.1.1 น้ำหนัก ส่วนสูงและเปอร์เซ็นต์ไขมัน ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองถอดรองเท้าก่อนทำการชั่งน้ำหนัก ส่วนสูง และวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน

4.1.2 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงจับชีพจรด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

4.1.3 ความดันโลหิต โดยวัดค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ในท่านั่งขณะพัก มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรปรอท

4.1.4 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในขณะออกกำลังกาย มีหน่วยเป็น ลิตรต่อนาที

4.1.5 วัดอัตราการแลกเปลี่ยนการหายใจ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส

4.2 ตัวแปรด้านชีวเคมี ได้แก่

4.2.1 ปริมาณน้ำตาลในเลือด โดยการเจาะปลายนิ้ว มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/เดซิลิตร

4.2.2 ปริมาณกรดแลคติกในเลือด โดยการเจาะปลายนิ้ว มีหน่วยเป็น มิลลิโมล/ลิตร

ทั้งนี้เมื่อพบความผิดปกติเกี่ยวกับสารชีวเคมีในเลือดของผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งผลการตรวจสารเคมีในเลือด พร้อมแจ้งแนวทางในการรักษาและปฏิบัติตนต่อไป

4.3 ระยะเวลาในการออกกำลังกาย

เลขที่โครงการวิจัย 139.1/55
7 S.A. 2555
วันที่รับรอง 6 S.A. 2556
วันหมดอายุ

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานาน

2. ทำให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกาย กับการดื่มเครื่องดื่มผสมคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานาน

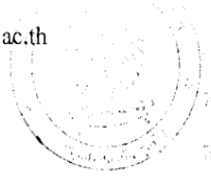
3. ได้ฐานข้อมูลสำหรับการศึกษาเรื่องผลของการดื่มนมช็อคโกแลตก่อนการออกกำลังกายที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตาบอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานาน

การพิทักษ์สิทธิ์ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิ์ของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูล และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความสมัครใจ การตอบรับหรือการปฏิเสธเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ไม่มีผลต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสามารถแจ้งออกจากการศึกษาวิจัยได้ก่อนการวิจัยจะสิ้นสุดลงโดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการวิจัยจะเสนอในภาพรวม หากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีข้อสงสัยเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบอย่างรวดเร็ว

มีค่าเดินทางในการมาร่วมการวิจัยครั้งละ 200 บาท ทั้งหมด 4 ครั้ง รวม 800 บาท และมีการจัดเครื่องดื่มและของว่างหลังการออกกำลังกาย

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



เลขที่โครงการวิจัย 139.1/55
วันที่รับรอง - 7 S.A. 2555
วันหมดอายุ - 6 S.A. 2556

ภาคผนวก จ

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือด และเมทตา
บอลิกต่อการออกกำลังกายระยะเวลานานของเยาวชนเพศชาย

ชื่อผู้วิจัย นางสาวณธีรา เฮงเจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

ที่อยู่ที่ติดต่อ 430 ซ.สุทธิพร เขตดินแดง แขวงดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์มือถือ 081-4836611

E-mail: fon.nath@gmail.com

139.1/55
7 S.A. 2555
6 S.A. 2556

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มา วัตถุประสงค์ และรายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ รวมทั้งทราบถึงประโยชน์ ความเสี่ยง/อันตราย ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดี**แล้ว

ข้าพเจ้า จึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้าพเจ้ามี**สิทธิถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ แก่ข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย**ทุกขั้นตอน** ได้แก่ ขั้นตอนก่อนการทดลอง ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือก เก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป โดยการชั่งน้ำหนัก วัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน ส่วนสูง สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการแลกเปลี่ยนการหายใจ เก็บข้อมูลทางชีวเคมีโดยเจาะปลายนิ้วเก็บปริมาณน้ำตาลและกรดแลคติกในเลือด***โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการเจาะเลือดด้วยตนเอง โดยใช้เข็มเจาะที่ปลายนิ้วให้ได้เลือดปริมาณ 1 หยดในการตรวจน้ำตาลต่อการตรวจ 1 ครั้ง และเลือดปริมาณ 1 หยดในการตรวจกรดแลคติกต่อการตรวจ 1 ครั้ง*** และขั้นตอนดำเนินการทดลองตามแบบการทดลองแบบไขว้ โดยรับเครื่องดื่ม 3 ชนิด และทำการออกกำลังกายจนหมดแรง

ข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูล การวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัยว่า หากข้าพเจ้าเกิดอาการบาดเจ็บจากการทดลอง จะได้รับการช่วยเหลือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และนำส่งโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการออกค่ารักษาพยาบาลทั้งหมด

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 โทรสาร 0-2218-8147 **E-mail: eccu@chula.ac.th**

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

วันที่รับรอง 7 S.A. 2555
วันหมดอายุ -6 S.A. 2556

ลงชื่อ.....
(นางสาวณธีรา เฮงเจริญ)
ผู้วิจัยหลัก

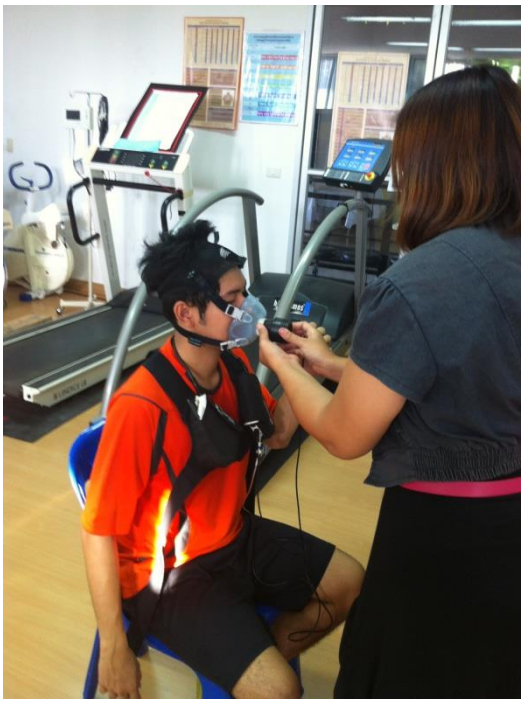
ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

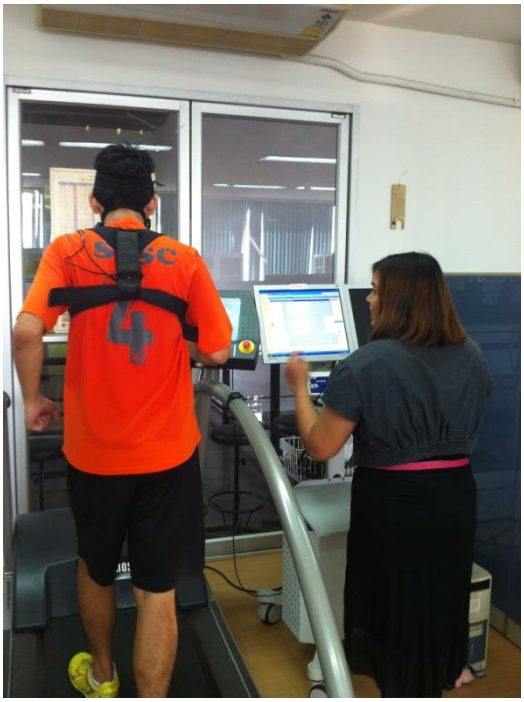
ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

ภาคผนวก ช

การทดสอบตัวแปรที่ใช่ในงานวิจัน

ทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด





อุปกรณ์

เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ (Cortex) รุ่นเมต้าแม็กซ์ ทรีบี (Metamax 3B): Breath by breath ประเทศเยอรมนี

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยใส่อุปกรณ์ทดสอบให้เรียบร้อยก่อนขึ้นลู่กล

2. ผู้เข้าร่วมการทดลองเดินบนลู่กลด้วยความหนักตามที่ผู้วิจัยปรับตามบรู๊ซโปรโตคอล (Bruce protocol)

3. ประเมินสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง และวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน

อุปกรณ์

เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Whole Body, Bioelectrical Impedance Analysis) ยี่ห้อ ioi จากประเทศเกาหลี

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดถุงเท้า และรองเท้าออก แล้วขึ้นไปยืนบนเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย โดยยืนตัวตรง ตามองข้างหน้า เครื่องจะทำการชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง

2. กรอกประวัติส่วนตัวผู้เข้าร่วมการวิจัยลงเครื่อง ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจับที่จับตามสัญญาณที่เครื่องบอก

3. ทำการพิมพ์ข้อมูล

วัดความดันโลหิต

อุปกรณ์

เครื่องวัดความดันโลหิตขณะพัก (Digital blood pressure) ยี่ห้อออมรอน (Omron) รุ่น SEM-1 model ประเทศญี่ปุ่น

วิธีการ

1. ให้ผู้ร่วมการวิจัยนั่งพักประมาณ 5 นาทีก่อนทำการวัดความดันโลหิต

2. ใช้ที่พันแขน พันไว้เหนือข้อศอกประมาณ 1 นิ้ว

3. กดปุ่มเปิดเครื่อง โดยเครื่องจะทำการอ่านค่าความดันโลหิตอัตโนมัติ

4. บันทึกค่า

การวัดระดับน้ำตาล และกรดแลคติกในเลือด

อุปกรณ์

เครื่องตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ ACCU – CHECK PERFORMA เครื่องตรวจกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ ACCUTREND PLUS LATATE ประเทศเยอรมนี

วิธีการ

1. เช็ดแอลกอฮอล์ที่นิ้วที่จะทำการเจาะเลือด

2. ใช้เข็มเจาะที่นิ้วที่ทำการเช็ดแอลกอฮอล์ แล้วหยดลงแผ่นตรวจน้ำตาล และแผ่นตรวจกรดแลคติก

3. รอให้เครื่องอ่านค่า และบันทึกผล

ภาคผนวก ซ

แบบบันทึกข้อมูลสมรรถภาพหารใช้ออกซิเจนสูงสุด

โดยใช้ Bruce treadmill protocol (VO_2max)

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)..... วัน/เดือน/ปี เกิด.....

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)..... รหัส.....

อายุ.....ปี เพศ..... น้ำหนัก.....กก. ส่วนสูง..... ซม.

อัตราการเต้นของหัวใจ.....ครั้ง/นาที ความดันโลหิต.....มิลลิเมตรปรอท

STAGE	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Time (min)	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15
Speed (mph)	1.7	2.5	3.4	4.2	5
(kmpm)	2.72	4	5.44	6.72	8
% Grade	10	12	14	16	18
METs (male)	3.2 4.0 4.9	5.7 6.6 7.4	8.3 9.1 10.0	10.7 11.6 12.5	13.3 14.1 15.0
METs (female)	3.1 3.9 4.7	5.4 6.2 7.0	8.0 8.6 9.4	10.1 10.9 11.7	12.5 13.2 14.1
Heart rate					
RPE					
Blood pressure					

VO_2max (ml/kg/min)**……..**RER**……..**

เวลาที่มาออกกำลังกายทั้งหมด (Total treadmill time).....

เหตุผลในการหยุดออกกำลังกาย (Reason for termination).....

หมายเหตุ (Comments).....

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ – สกุล: นางสาวณธีรา เฮงเจริญ

วัน เดือน ปีเกิด: 1 กุมภาพันธ์ 2532

สถานที่เกิด: กรุงเทพมหานคร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน: 430 ซ.สุทธิพร 2 ถ.อโศก – ดินแดง เขตดินแดง แขวงดินแดง กรุงเทพฯ 10400

ประวัติการศึกษา: สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2553 เข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2554