ผลของเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย

น.ส.จุฑามาศ ฉุยฉาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF HIGHLY BRANCHED CYCLIC DEXTRIN DRINK ON ENDURANCE PERFORMANCE IN MALE MARATHON RUNNERS

Miss Jutamas Chuichay

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports and Exercise Science
Common Course
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย
โดย	น.ส.จุฑามาศ ฉุยฉาย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร.ทศพร ยิ้มลมัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)

..... กรรมการ
(ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์นฤมล ลีลายุวัฒน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฑามาศ ฉุยฉาย : ผลของเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย. (EFFECTS OF HIGHLY BRANCHED CYCLIC DEXTRIN DRINK ON ENDURANCE PERFORMANCE IN MALE MARATHON RUNNERS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มชนิดปกปิดสองทางและสลับกลุ่ม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (Highly branched cyclic dextrin; HBCD) ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาวิ่งมาราธอน เพศชาย อายุระหว่าง 30-39 ปี จำนวน 13 คน กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) โดยวิธีของแรมป์ (Ramp protocol) เพื่อหาจุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) และจุดเริ่มล้าที่ 2 (VT2) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดถูกสุ่มเพื่อดื่มเครื่องดื่ม 2 ชนิด คือ เครื่องดื่ม HBCD และเครื่องดื่มกลูโคส ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายน้ำ 500 มิลลิลิตร วิ่งบนลู่วิ่งในความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) 30 นาที และวิ่งที่ความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) จนเหนื่อยหมดแรง ก่อนและหลังการทดสอบ เก็บข้อมูลปริมาณการสูญเสียน้ำ และก่อนการทดสอบ ระหว่างการทดสอบนาทีที่ 15 และ 30 และหลังการทดสอบทำการเก็บข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือด ระดับแลคเตทในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบความแปรปรวนสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) และทดสอบความแตกต่างแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired samples t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการศึกษา ไม่พบความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือด ระดับแลคเตทในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสม HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงของกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสม HBCD จะนานกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในระหว่างการออกกำลังกายน้อยกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย การดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD สามารถรักษาปริมาณน้ำที่สูญเสียไประหว่างการออกกำลังกายได้ดีกว่าการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส และทำให้มีระยะเวลาการออกกำลังกายยาวนานขึ้น

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6178402339 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE

KEYWORD: Highly branched cyclic dextrin / Sport drinks / Marathon runner / Endurance performance

Jutamas Chuichay : EFFECTS OF HIGHLY BRANCHED CYCLIC DEXTRIN DRINK ON ENDURANCE PERFORMANCE IN MALE MARATHON RUNNERS. Advisor: KANANG SRIHIRUN, Ph.D.

This study was a randomized, double-blind and crossover study. The purpose of the study was to investigate the effects of highly branched cyclic dextrin (HBCD) drink on endurance performance in male marathon runners. The participants were 13 male marathon runners aged between 30-39 years. All subjects were required to participate in the maximal oxygen consumption (VO_2max) test by the Ramp protocol to find the first ventilatory threshold (VT_1) and the second ventilatory threshold (VT_2). Each participants were randomized to ingest either HBCD or glucose 1.5 g/kg body weight dissolved in 500 ml of water. The paticipants ran on a treadmill at the first ventilatory threshold (VT_1) for 30 minutes and followed by the second ventilatory threshold (VT_2) until exhaustion. Fluid loss was measured before and immediately after testing. Blood glucose, blood lactate, heart rate and rating of perceived exertion were collected before, during 15 and 30 minutes and immediately after testing. The data were analyzed by Two-Way Repeated measures ANOVA and paired samples t-test at the significant level of .05

The results showed that no significantly different in blood glucose, blood lactate, heart rate and rating of perceived exertion between the subjects in the HBCD drink group and glucose drink group ($p < .05$). Time to exhaustion in the HBCD drink group was significantly longer than the glucose drink group ($p < .05$). Fluid loss in HBCD drink group was significantly decreased less than glucose drink group ($p < .05$).

In conclusion: An ingestion of HBCD drink could better maintain fluid loss during exercise than a glucose drink ingestion, Leading to a better endurance performance.

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

Academic Year: 2020 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัติพร นกแก้ว และอาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์รวมทั้งอบรมสั่งสอนและการแนะนำทางด้านการเรียน ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งใจความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มละมัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์นฤมล ลีลายุวัฒน์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้เมตตาให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก อาจารย์ ดร.นาทรพี ผลใหญ่ คุณประจงเวท สาตมาลี และอาจารย์สมนึก สมนาค ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจเครื่องมือการวิจัยและให้คำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตปริญญาโท ประเภททุนสมทบ จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้องๆ แขนงวิชาการเสริมสร้างสมรรถนะทางการกีฬาและคณะคุณครูโรงเรียนวัดราชาธิวาส ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนช่วยเหลือ ให้คำแนะนำต่าง ๆ และกำลังใจ รวมทั้งขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่านที่ได้สละเวลาและให้ความร่วมมือในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมารดาและบิดา ตลอดจนญาติพี่น้อง ที่ได้อบรมสั่งสอน ชี้นำแนวทางการดำเนินชีวิต รวมทั้งให้คำปรึกษา และกำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จุฑามาศ ฉุยฉาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

คำถามในการวิจัย 5

สมมติฐานของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 6

คำจำกัดความของการวิจัย 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

1. กีฬาวิ่งมาราธอน 12

2. ระบบพลังงานที่ใช้ในกีฬาวิ่งมาราธอน 17

3. สมรรถภาพทางกาย 22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. โภชนาการสำหรับนักกีฬาวิ่งมาราธอน 24
5. เครื่องดื่มทางการกีฬา (sports drink) 27
6. ไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD) 31
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ 37
กรอบแนวความคิดในการวิจัย 42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย 43
กลุ่มตัวอย่างและวิธีคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 43
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 46
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 59
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลทางสรีรวิทยาพื้นฐานและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด 60
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด (ระดับน้ำตาลในเลือดและระดับแลคเตทในเลือด) 61
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน 63
ตอนที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างในรูปแผนภูมิของตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด และตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน 67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 73
สรุปผลการวิจัย 74
ข้อจำกัดของการวิจัย 79
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 79
ภาคผนวก 80
ภาคผนวก ก การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยนำภาพจากโปรแกรม G*Power 81
ภาคผนวก ข แบบสอบถามประวัติทั่วไปก่อนออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไป) 82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค แบบบันทึกการบริโภคอาหาร 24 ชั่วโมง 83
ภาคผนวก ง แบบบันทึกกิจกรรมทางกาย 24 ชั่วโมง 84
ภาคผนวก จ ผงดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD) .. 85
ภาคผนวก ฉ การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด 86
ภาคผนวก ช แบบบันทึกการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด 90
ภาคผนวก ซ การเก็บข้อมูลขณะออกกำลังกาย 91
ภาคผนวก ฌ แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลขณะออกกำลังกาย 97
ภาคผนวก ญ วิธีการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส 99
ภาคผนวก ฎ วิธีการปรับรสชาติของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน 100
ภาคผนวก ฏ การเตรียมความพร้อมของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนและหลังการทดสอบ 101
ภาคผนวก ฐ ประเมินคุณภาพ IOC 106
ภาคผนวก ฑ ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน 112
บรรณานุกรม 114
ประวัติผู้เขียน 122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รูปแบบของเครื่องดื่มทางการกีฬา 29

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแรงดันออสโมติกและอัตราการเคลื่อนผ่านของอาหารไปสู่ลำไส้ ของการบริโภคเครื่องดื่มก่อนการออกกำลังกาย 33

ตารางที่ 3 แผนการดำเนินการเก็บข้อมูล 57

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลทางสรีรวิทยาพื้นฐานและข้อมูลในการแข่งขัน 60

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) ของระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส 61

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) ของระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส 62

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) ของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (heart rate) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส 63

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) ของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส 64

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางของสองประชากรที่มีการกระจายแบบปกติแต่ไม่อิสระต่อกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(paired simples t-test) ของปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสม HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส 65

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางของสองประชากรที่มีการกระจายแบบปกติแต่ไม่อิสระต่อกัน (paired simples t-test) ของระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส 66

ตารางที่ 11 ตารางเพิ่มความเร็ว ด้วยวิธีของแรมป์ (Ramp protocol) 87

ตารางที่ 12 Borg’s scale (0-10) สำหรับประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion) 95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 ระบบไกลโคไลซิส (glycolysis) 18
รูปที่ 2 วัฏจักรเครบส์ (kreb's cycle) 19
รูปที่ 3 กระบวนการสลายกลูโคสโดยการใช้ออกซิเจน 20
รูปที่ 4 การใช้สารอาหารที่เก็บสะสมไว้ในร่างกายเป็นแหล่งพลังงานในการออกกำลังกาย 21
รูปที่ 5 โครงสร้างของ Highly branched cyclic dextrin 32
รูปที่ 6 ความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือดในการบริโภค HBCD, กลูโคส และน้ำเปล่า 35
รูปที่ 7 กรอบแนวความคิดในการวิจัย 42
รูปที่ 8 ขั้นตอนการทดลอง 56
รูปที่ 9 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีสตาร์พาวเวอร์ (G*Power) 81
รูปที่ 10 ผงดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน 85
รูปที่ 11 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (breath by breath Cardiopumonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เทกซ์ (cortex) รุ่นเมทาแม็ก ทรีบี (metamax® 3B) ประเทศเยอรมัน 87
รูปที่ 12 ลู่กล (treadmill) ยี่ห้อ เอชพีคอสมอส (H/P/cosmos) รุ่น Pluto® med 88
รูปที่ 13 หน้ากากวิเคราะห์แก๊ส 88
รูปที่ 14 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (polar H10 Heart Rate Sensor) 89
รูปที่ 15 น้ำยาทำความสะอาดหน้ากากวิเคราะห์แก๊สและอุปกรณ์ในการทดลอง (umonium38) ... 89
รูปที่ 16 Lactate Analyzer ยี่ห้อ Lactate Scout 92
รูปที่ 17 เครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa 93
รูปที่ 18 เข็มเจาะเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Safe-T-Pro Plus 94
รูปที่ 19 แอลกอฮอล์ และสำลี สำหรับทำความสะอาดนิ้วก่อนเจาะเลือด 94
รูปที่ 20 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tanita รุ่น UM-051 ขนาด 150 กก. 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 21 วิธีการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน..... 99
รูปที่ 22 การยืดกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (gastrocnemius)..... 101
รูปที่ 23 การยืดกล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstrings)..... 101
รูปที่ 24 การยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps)..... 102
รูปที่ 25 การยืดกล้ามเนื้อส่วนต้นขาด้านใน (Inner thigh muscle)..... 102
รูปที่ 26 การยืดกล้ามเนื้อแลทิสสิมัส ดอซี่ (latissimus dorsi)..... 103
รูปที่ 27 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหลังสะโพก (glutes muscle)..... 103
รูปที่ 28 การยืดกล้ามเนื้อการยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps) โดยการวิ่งยกเข่า..... 104
รูปที่ 29 การยืดกล้ามเนื้อการยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps) โดยการงอเข่า..... 104
รูปที่ 30 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหน้าอก (pectoralis)..... 105
รูปที่ 31 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหัวไหล่ (deltoid)..... 105

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCDและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส..... 67

แผนภูมิที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของระดับแลคเตทในเลือด (Blood lactate) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCDและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส..... 68

แผนภูมิที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของระดับอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (Heart rate) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCDและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส..... 69

แผนภูมิที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (RPE) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCDและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส..... 70

แผนภูมิที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส..... 71

แผนภูมิที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส..... 72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการวิ่งออกกำลังกายได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก การวิ่งถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการออกกำลังกายและการเล่นกีฬาเกือบทุกประเภท การวิ่งมีทั้งวิ่งเพื่อพัฒนาสุขภาพและวิ่งเพื่อการแข่งขันในรายการต่างๆ การแข่งขันที่นิยมมากในปัจจุบันประเภทหนึ่งคือการวิ่งมาราธอน ซึ่งมีการจัดการแข่งขันในประเภทต่างๆหลากหลายรายการ รายการการแข่งขันที่เป็นที่นิยม ได้แก่ กรุงเทพมาราธอน (bangkok marathon) คือการจัดงานแข่งขันวิ่งมาราธอนประเพณีในประเทศไทย มีบริเวณจัดงาน อยู่ที่ถนนสนามไชย ด้านหน้าพระบรมมหาราชวัง ที่จัดโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) จอมบึงมาราธอน ในปี 2562 โดยมีผู้สมัครเข้าร่วม 27,000 คน (ดนยา สุเวทเวทิน, 2562) และรายการวิ่งบางแสน 42 ชลบุรีมาราธอน 2561 ซึ่งเป็นรายการวิ่งที่จัดตามมาตรฐานจากสหพันธ์สมาคมกรีฑานานาชาติ (world athletics) ชื่อเดิม คือ International Association of Athletics Federations (IAAF) กำหนดและจัดงานตามมาตรฐานระดับ IAAF Bronze Label Road Race สำหรับประเทศไทยมีการจัดรายการการแข่งขันวิ่งขึ้นทุกสัปดาห์มากกว่า 300 รายการต่อปี และจากสถิติผู้ออกกำลังกายด้วยการวิ่งในประเทศไทยจากเดิมในปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนนักวิ่งในประเทศไทย 5.5 ล้านคน ต่อมาในปี พ.ศ.2559 จำนวน นักวิ่งในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็น 11.96 ล้านคน โดยแบ่งเป็นเพศหญิง จำนวน 7.4 ล้านคน และเป็นเพศชาย 4.56 ล้านคน หากจำแนกตามวัย พบว่า วัยทำงานมีจำนวนมากที่สุด จำนวน 6.88 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 57.5 และจากการสำรวจในปัจจุบัน พบว่ากลุ่มนักวิ่งที่ลงสมัครวิ่งในระยะมาราธอน รุ่นอายุที่ลงสมัครมากที่สุด จะมีอายุเฉลี่ยระหว่าง 30-39 ปี และเป็นเพศชาย (ทรงศักดิ์ รักพ่วง, 2561)

การวิ่งมาราธอนจัดเป็นกีฬาที่ต้องใช้ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ รวมถึงความทนทานระบบหัวใจและหลอดเลือด เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวในลักษณะเดิมๆ ซ้ำๆ เป็นระยะเวลานานมีความต้องการในการใช้พลังงานอย่างมากและต่อเนื่อง การวิ่งมาราธอน มีระยะทาง 42.195 กิโลเมตร เป็นการออกกำลังกายระดับหนัก ในการวิ่งมีการใช้ระบบพลังงานคือ ระบบพลังงานแอโรบิก (aerobic system) เป็น 98 %, ระบบไกลโคไลซิส (glycolysis) 1.9 % และระบบพลังงานเอทีพี-ซีพี (ATP-CP system) 0.1 % โดยสารที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานที่เสริมก่อนการออกกำลังกาย คือ คาร์โบไฮเดรต โดยคาร์โบไฮเดรตจะถูกดูดซึมกลายเป็นน้ำตาลและไกลโค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เจนในร่างกาย และถูกใช้เป็นพลังงาน เมื่อออกกำลังกายเป็นเวลานาน ระดับไกลโคเจนในตับจะลดลง ร่างกายจึงต้องสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำตาลในเลือดที่ได้ใช้หมดไป ก่อให้เกิดความเมื่อยล้า อันเป็นผลมาจากกรดแลคติกที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการวิ่งลดลงได้ ดังนั้นการรักษาระดับน้ำตาลและไกลโคเจนจึงเป็นสิ่งสำคัญในระหว่างการวิ่งที่ใช้ระยะเวลานาน ถ้าปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับรวมกับปริมาณน้ำตาลและไกลโคเจนในร่างกายมีไม่เพียงพอ จะทำให้นักกีฬามีสมรรถนะในการวิ่งลดลง (สนธยา สีละมาด, 2551)

การวิ่งมาราธอนจะสูญเสียคาร์โบไฮเดรตที่เก็บไว้เป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่ใช้ในการวิ่งและตับ เมื่อวิ่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะเกิดความรู้สึกอ่อนเพลียจากการลดลงของระดับไกลโคเจนในตับ หลังจากนั้นร่างกายจะใช้ไขมันเป็นพลังงาน ซึ่งก็จำเป็นต้องใช้กลูโคสจากไกลโคเจนในกระบวนการสังเคราะห์พลังงานด้วย ดังนั้นหากระดับน้ำตาลในเลือดต่ำลงจนถึงระดับที่ไม่สามารถสังเคราะห์เป็นพลังงานได้ ประสิทธิภาพการวิ่งจะลดลง (สนธยา สีละมาด, 2551) นอกเหนือจากการลดลงของไกลโคเจนแล้ว การขาดน้ำยังทำให้ประสิทธิภาพความทนทานลดลง การขาดน้ำเกิดจากการสูญเสียเหงื่อ การสูญเสียเหงื่อเกิดขึ้นเนื่องจากร่างกายต้องระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักและระยะเวลายาวนานนำมาซึ่งการสูญเสียน้ำและอิเลกโตรไลท์ในร่างกาย อาจทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย เป็นลม และเป็นตะคริวได้ ส่งผลต่อสมรรถนะในการวิ่งได้ ดังนั้นการเตรียมความพร้อมด้านโภชนาการโดยการรับประทานคาร์โบไฮเดรตที่เพียงพอ การป้องกันภาวะขาดน้ำ (dehydration) และการป้องกันความเมื่อยล้าจะช่วยให้นักกีฬาสามารถวิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (American College of Sports Medicine; ACSM) กล่าวว่าควรป้องกันไม่ให้ร่างกายขาดน้ำมากกว่า 2-3% ของน้ำหนักตัว และควรจำกัดการดื่มเครื่องดื่มไม่ให้เกินอัตราการสูญเสียเหงื่อและเพื่อป้องกันภาวะโซเดียมต่ำ (Hyponatraemia) ที่อาจเกิดขึ้นเมื่อออกกำลังกายนานและหนักมากขึ้นเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมงขึ้นไป (Jeukendrup, 2011)

การบริโภคคาร์โบไฮเดรตก่อนการออกกำลังกายจะกระตุ้นฮอร์โมนที่ควบคุมการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสระหว่างการออกกำลังกาย เป็นตัวช่วยลดการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเนื่องจากสามารถรักษาระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างออกกำลังกาย ส่งผลในการชะลอความเมื่อยล้าได้ (ณธีรา เฮงเจริญ, 2555) Kerksick และคณะ (Kerksick et al., 2008) ได้ศึกษาพบว่า สมาคมกีฬาระหว่างประเทศ ได้กำหนดปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่แนะนำให้บริโภคคือ 1-2 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรต ภายในหนึ่งชั่วโมงก่อนออกกำลังกายแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชัดเจนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย และเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ไกลโคเจน และในระหว่างการออกกำลังกายควรบริโภคคาร์โบไฮเดรต 30-60 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

วิธีหนึ่งที่นักกีฬานิยมใช้ในการป้องกันความเมื่อยล้าจากการมีพลังงานในร่างกายไม่เพียงพอและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการวิ่งและการออกกำลังกาย คือ การรับประทานอาหารเสริมทางการกีฬา อาหารเสริมทางการกีฬาได้ถูกพัฒนาคุณค่าทางโภชนาการ โดยการเติมสารอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่ในระดับต่าง ๆ เพื่อทดแทนคาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่ที่สูญเสียไประหว่างการออกกำลังกาย (คณิตสรณ์ สัมฤทธิ์เดชขจร, 2551) การผลิตอาหารเสริมในปัจจุบัน มีหลากหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบผง รูปแบบเครื่องดื่มของเหลวไม่ว่าจะเป็นเครื่องดื่มทางการกีฬา (sport drink) และเจลทางการกีฬา (sport gel) ล้วนมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสมรรถนะของกล้ามเนื้อในระหว่างการออกกำลังกายรวมถึงการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะเวลานาน หากนักกีฬามีการเสริมอาหารที่รับประทานง่าย ดูดซึมเร็ว อาจสามารถช่วยชะลอความเมื่อยล้าจากกรดแลคติก และยืดเวลาการใช้น้ำตาลในเลือดที่เป็นแหล่งพลังงาน รวมถึงการใช้ไกลโคเจน และการเปลี่ยนไปใช้ไขมันเป็นพลังงานส่งผลต่อความทนทานของนักกีฬาในการวิ่งได้ (Portman et al., 2006)

เครื่องดื่มทางการกีฬา (sports drink) เป็นเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรต 6-8 % ของปริมาณเครื่องดื่มทั้งหมด คาร์โบไฮเดรตที่เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการออกกำลังกายในเครื่องดื่มทางการกีฬาส่วนใหญ่นั้นจะอยู่ในรูปของกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส โดยกลูโคสจะเป็นส่วนประกอบหลักที่พบในเครื่องดื่มทางการกีฬามากที่สุด (Azevedo et al., 2007) สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการออกกำลังกายโดยกระบวนการแอโรบิก และการดูดซึมจะรวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นกับน้ำเปล่าเพียงอย่างเดียว หรือน้ำเปล่ากับคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ (Urdampilleta et al., 2015) การดื่มเครื่องดื่มทางการกีฬาในระหว่างการวิ่งหรือการออกกำลังกายสามารถเพิ่มสมรรถนะของร่างกายระหว่างการออกกำลังกาย ป้องกันการสะสมอนุมูลอิสระและความเสียหายของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย และเป็นอาหารเสริมที่ดูดซึมง่ายและป้องกันไม่ให้เกิดภาวะขาดน้ำในระหว่างออกกำลังกายหรือการแข่งขันได้ ซึ่งการสูญเสียน้ำและเกลือแร่ออกจากร่างกายผ่านการระเหยของน้ำจากปอดและเหงื่อออกจากผิวหนัง จะลดปริมาณเลือดที่มีอยู่สำหรับหัวใจเพื่อสูบฉีดไปยังกล้ามเนื้อและผิวหนัง การลดการไหลเวียนของเลือดไปยังกล้ามเนื้อหมายถึงการส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อน้อยลง ดังนั้นประสิทธิภาพความทนทานจึงลดลง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาโดยเปรียบเทียบรูปแบบของอาหารเสริมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย โดยให้กลุ่มตัวอย่างเลือกอาหารเสริมทางการกีฬาแต่ละรูปแบบ รับประทานก่อนออกกำลังกาย และระหว่างการออกกำลังกาย ผลการศึกษาพบว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบอาหารเสริมประเภทเครื่องดื่มทางการกีฬา (sports drink) และกลูโคสเจล (glucose gel) เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในการออกกำลังกายประเภททนทาน เครื่องดื่มทางการกีฬา (sports drink) ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานในการออกกำลังกายประเภททนทานได้ดีกว่ากลูโคสเจล (glucose gel) แต่กลูโคสยังคงรักษาระดับคาร์โบไฮเดรตไว้ใช้งานเช่นกัน (Portman et al., 2006) จึงอาจกล่าวได้ว่าเครื่องดื่มทางการกีฬา (sports drink) เป็นรูปแบบอาหารเสริมทางการกีฬาที่เหมาะสมกับนักกีฬาและนักวิ่งที่ต้องการเสริมสร้างความทนทานในระหว่างการออกกำลังกาย

ไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทมอลโทเด็กซ์ตริน (maltodextrin) ชนิดหนึ่ง ผลิตจากแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว ไม่มีความหวานและแรงดันออสโมซิสค่อนข้างต่ำ มีความสามารถในการละลายสูง มีความหนืดต่ำ คงตัว และทนทานต่อการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) (Shiraki et al., 2015) HBCD มีอัตราการเคลื่อนผ่านของอาหารผ่านกระเพาะอาหาร (gastric emptying rate) ที่เร็วมากเมื่อเทียบกับมอลโทเด็กซ์ตริน เนื่องจากมีแรงดันออสโมติกต่ำ HBCD จึงถูกย่อยและดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว ใช้ระยะเวลาน้อยกว่าเครื่องดื่มที่ใช้กลูโคสและมอลโทเด็กซ์ตริน และไม่ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองในช่องท้องเมื่อเทียบกับเครื่องดื่มที่มีกลูโคสหรือมอลโทเด็กซ์ตริน (Takii et al., 2004) และในการฝึกความทนทานในการปั่นจักรยาน เมื่อทดสอบการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) กลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มี HBCD 15 กรัม การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยในนาทีที่ 30 และ 60 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเครื่องดื่มที่มี มอลโทเด็กซ์ตริน 15 กรัม (Furuyashiki et al., 2014) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Shiraki และคณะ (Shiraki et al., 2015) ระบุผลของการประเมินสมรรถภาพการออกกำลังกายของนักกีฬาว่ายน้ำ ด้วยการบริโภค HBCD (น้ำหนัก 1.5 กรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม), กลูโคส (น้ำหนัก 1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) และน้ำ ผลคือในการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD, กลูโคสและน้ำ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มี HBCD มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีกลูโคสหรือน้ำ และช่วงเวลาที่เกิดความเหนื่อยในการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มี HBCD ช้ากว่าในกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีกลูโคสหรือน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการดื่มเครื่องดื่มที่มี HBCD ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความทนทาน และสามารถรักษาความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด

จากประโยชน์ของ HBCD ที่สามารถรักษาระดับน้ำตาลในเลือดในระหว่างการออกกำลังกายหรือการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานาน ช่วยให้นักกีฬามีความทนทานที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างการแข่งขัน และไม่ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองในช่องท้อง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาผลของการดื่ม

เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอน ซึ่งเป็นแป้งที่มีโมเลกุลเดี่ยวมาเชื่อมต่อกันเป็นวัฏจักรขนาดใหญ่ ทำให้ปลดปล่อยพลังงานอย่างช้าๆ เพื่อสังเคราะห์เป็นพลังงาน รักษาระดับน้ำตาลในเลือดได้นานเมื่อเทียบกับการดื่มเครื่องดื่มทางการกีฬาที่มีส่วนผสมของกลูโคส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องดื่มทางการกีฬาที่นิยมในปัจจุบัน ผลของการศึกษาครั้งนี้อาจเป็นประโยชน์ในการศึกษาเกี่ยวกับการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ที่เพิ่มความทนทานให้นักกีฬาวิ่งมาราธอน เพื่อนำไปศึกษาต่อยอดให้มีเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬารูปแบบที่แปลกใหม่ต่อไป และเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและการทดลองเกี่ยวกับการเสริม HBCD ในชนิดกีฬาอื่นๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินกับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย

คำถามในการวิจัย

1. การดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินมีผลต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชายหรือไม่อย่างไร
2. การดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินกับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชายแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักกีฬาวิ่งมาราธอนชายที่ดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินมีสมรรถภาพทางกายแบบทนทานมากกว่าเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส
2. การดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินให้ผลที่ดีต่อสมรรถภาพร่างกายแบบทนทานมากกว่าเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) มุ่งเน้นการทดลองการดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย และการเปรียบเทียบการดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน กับการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคส

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักกีฬาวิ่งมาราธอน เพศชาย ที่มีอายุช่วง 30-39 ปี และมีสุขภาพแข็งแรง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาวิ่งมาราธอน กรุงเทพมหานคร เพศชาย ที่มีอายุช่วง 30-39 ปี จำนวน 16 คน ลักษณะการทำงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบบไขว้ (crossover design) และปกปิดสองทาง (double-blind study) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะได้รับเครื่องดื่ม 2 ชนิด (ครั้งละ 1 ชนิด) เว้นการทดสอบ 2 สัปดาห์ โดยการสุ่มลำดับการได้รับเครื่องดื่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับฉลาก

ครั้งที่ 1 ดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร

ครั้งที่ 2 ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ตัวแปรต้น คือ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

ตัวแปรตาม คือ

- ตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) และระดับของแลคเตทในเลือด (blood lactate)

- ตัวแปรด้านสรรถภาพทางกายแบบทนทาน ได้แก่ การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion), อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate), ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion)

ขอบเขตด้านสถานที่

สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและเก็บข้อมูลคือ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 ชั้น 1 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 2 เดือน

คำจำกัดความของการวิจัย

ไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD) หมายถึง คาร์โบไฮเดรตประเภทหนึ่งมีลักษณะเป็นผงละลายน้ำ ผลิตจากแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว มีคุณสมบัติสามารถละลายในน้ำได้สูงและมีความคงตัวในน้ำ มีการดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีดัชนีระดับน้ำตาล ในเลือดสูง มีความสามารถในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดขณะออกกำลังกาย

เครื่องดื่มทางการกีฬา (sport Drink) หมายถึง เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตเป็นหลักเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการออกกำลังกายเป็นเวลานาน สามารถเพิ่มสมรรถนะของร่างกายกล้ามเนื้อ ระหว่างการออกกำลังกาย

เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส หมายถึง เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร

นักกีฬาวิ่งมาราธอน (marathon runners) หมายถึง นักกีฬาวิ่งมาราธอน เพศชายที่มีสุขภาพแข็งแรง อายุระหว่าง 30-39 ปี

สมรรถภาพทางกายแบบทนทาน (endurance performance) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่จะออกกำลังกายให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาที่ยาวนานด้วยความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) เป็นเวลา 30 นาที และเพิ่มความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และรักษาระดับความเร็วในการวิ่งให้คงที่ตลอดการออกกำลังกาย จนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion)

ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) หมายถึง ระดับกลูโคสในเลือดโดยได้มาจากอาหารที่เรารับประทาน เช่น อาหารแป้ง ไขมัน หรือโปรตีน และได้จากการสร้างขึ้นในร่างกาย งานวิจัยนี้ประเมินระดับน้ำตาลในเลือดโดยการเจาะเลือดและนำเข้าเครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa จากประเทศสหรัฐอเมริกา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) หมายถึง ระดับของกรดแลคติกหรือแลคเตทในเลือด ซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายกลูโคสให้เป็นไพรูเวท และจุดที่เริ่มมีการสะสมของแลคเตทในเลือด จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า งานวิจัยนี้ประเมินระดับแลคเตทในเลือดโดยการเจาะเลือดและนำเข้าเครื่องวิเคราะห์แลคเตท ยี่ห้อ Lactate Scout จากประเทศสหรัฐอเมริกา

การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion) หมายถึง การรับรู้ถึงการออกแรงหรือความพยายาม ประเมินโดยสากลที่เรียกว่า Borg's Rating of Perceived Exertion Scale (0-10) ผู้ออกกำลังกายบอกระดับความรู้สึกเหนื่อยขณะออกกำลังกาย โดยใช้ประกอบกับอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ปริมาณเหงื่อที่ออก อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ หากยังไม่ถึงเกณฑ์เราก็สามารถเร่ง หรือหากมากเกินไป สามารถลดความหนักของการออกกำลังกายลง โดยระดับของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยจะแบ่งเป็น 10 ระดับ คือ ตั้งแต่ ไม่มีอาการเลย, เริ่มรู้สึกเหนื่อยน้อยมากๆ, น้อย, ปานกลาง, ค่อนข้างเหนื่อย, ค่อนข้างมาก, มาก, เหนื่อยมากๆ, ใกล้เหนื่อยที่สุด และเหนื่อยที่สุด

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal oxygen consumption, VO_2max) หมายถึง ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนสูงสุดในเวลา 1 นาที สภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นดัชนีบอกความสามารถในการทำงานของหัวใจ ปอดและหลอดเลือด การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายมีหลายวิธี แต่งานวิจัยนี้ใช้วิธีของแรมป์ (ramp protocol) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งบนลู่กล (treadmill) ให้มีการอบอุ่นร่างกาย จากนั้นจึงเพิ่มความหนัก 6 กิโลเมตร/ชั่วโมง ใน 3 นาทีแรก และเพิ่มความหนัก 1 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทุกๆ 1 นาที ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินหรือวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (respiratory exchange ratio; RER) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไป และเมื่อ RER มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง ร่างกายใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงาน 100 % ในสัดส่วนการใช้ไขมัน 0% แต่ถ้า RER มากกว่า 1 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกจึงทำให้ร่างกายสะสมกรดแลคติก เกิดความเหนื่อยล้าสูงสุด

ความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (velocity at first ventilatory threshold; VT_1) หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความเร็วที่จุดที่เริ่มมีการสะสมกรดแลคติกในเลือดขณะทดสอบ ความเข้มข้นของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น มีการหายใจเร็วขึ้น เป็นจุดที่เริ่มเปลี่ยน

การเผาผลาญในร่างกาย อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (RER) อยู่ในปริมาณ 0.85-0.87 กล่าวคือร่างกายใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานมากขึ้น ความเร็วของจุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) กำหนดได้จากอัตราส่วนของจุดที่ปริมาตรลมหายใจออก (V_E) ต่อปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้น (VCO_2), อัตราส่วนของปริมาตรลมหายใจออก (V_E) ต่อปริมาตรออกซิเจนที่ถูกสร้างขึ้น (VO_2) และความดันของออกซิเจนขณะที่หายใจออกสุด ($P_{ET}O_2$) อยู่ในระดับต่ำสุดของการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยกำหนดความเร็วเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง (km/h)

ความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 2 (velocity at second ventilatory threshold; VT_2) หมายถึง ความเร็วในการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในจุดที่มีกรดแลคติกในเลือดสูงกว่า 4 มิลลิโมล/ลิตร และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นระดับที่ร่างกายไม่สามารถขจัดออกไปได้ทัน อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นในระดับใกล้เคียงกับอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เกิดภาวะระบายลมหายใจเกิน (hyperventilation) เป็นภาวะที่หายใจเร็วมากและลึกมากกว่าปกติ ทำให้อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (RER) อยู่ในปริมาณ 1.0 กล่าวคือร่างกายใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานในสัดส่วนที่มากกว่าการใช้ไขมัน ซึ่งทำให้เกิดกรดแลคติกสะสมอย่างรวดเร็ว เกิดความเมื่อยล้าในร่างกาย ความเร็วของจุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) กำหนดได้จากจุดที่ความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ขณะที่หายใจออกสุด ($P_{ET}CO_2$) อยู่ในจุดเปลี่ยนจากระดับสูงสุดและกำลังจะลดระดับลงของการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Pallarés et al., 2016) โดยกำหนดความเร็วเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง (km/h)

ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) ความสามารถในการออกกำลังกายได้ยาวนาน ประเมินโดยเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง เพื่อวัดประสิทธิภาพความทนทาน โดยเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายจนผู้เข้าร่วมไม่สามารถรักษาอัตราการทำงานที่ต้องการไว้ได้ โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งบนลู่กล (treadmill) ด้วยความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) เป็นเวลา 30 นาทีและเพิ่มความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion)

ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) หมายถึง น้ำในร่างกายที่สูญเสียไปในขณะออกกำลังกาย ทั้งโดยการระเหยของเหงื่อและการระเหยทางลมหายใจ โดยคำนวณผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเพศชายจำนวน 1 คนจะเป็นผู้ชั่งน้ำหนักผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยสวมเสื้อและสวมกางเกงขาสั้นลำลอง ทั้งนี้ ผู้ช่วยผู้วิจัยจะชั่งน้ำหนักเสื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และกางเกงขาสั้นลำลองที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยเตรียมมา ก่อนดำเนินการชั่งน้ำหนัก จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกผล ผู้วิจัยนำน้ำหนักของผู้เข้าร่วมการวิจัยมาหาผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบและหักน้ำหนักเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลองออก จะทำให้ได้ปริมาณการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ

อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) หมายถึง จำนวนครั้งของการเต้นของหัวใจต่อนาทีในระหว่างการทดสอบ เป็นตัวแปรทางสรีรวิทยาที่สำคัญในการชี้ถึงระดับสมรรถภาพทางกายและบอกความหนักในการออกกำลังกาย วัดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปของเครื่องโพลาเทรนเนอร์ (Polar H10 Heart Rate Sensor) ระหว่างวิ่งบนลู่กล (treadmill)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย

2. ทำให้ทราบถึงผลของการเปรียบเทียบการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินกับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย

3. ได้งานวิจัยที่เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย เพื่อศึกษาต่อยอดให้มีรูปแบบที่แปลกใหม่ต่อไป

4. เป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและการทดลองเกี่ยวกับการเสริมไฮลี่บรานซ์ ไซคลิกเด็กซ์ตรินในชนิดกีฬาอื่นๆ ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย โดยเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคส ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลต่างๆ จากหนังสือ วารสาร เอกสารและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. กีฬาวิ่งมาราธอน
    1.1 ประวัติความเป็นมาของกีฬาวิ่งมาราธอนในต่างประเทศ
    1.2 ประวัติความเป็นมาของกีฬาวิ่งมาราธอนในประเทศไทย
    1.3 ประเภทของกีฬาวิ่งมาราธอน
    1.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิ่งมาราธอน
2. ระบบพลังงานที่ใช้ในกีฬาวิ่งมาราธอน
    2.1 ระบบเอทีพี – ซีพี
    2.2 ระบบแอนแอโรบิก
    2.3 ระบบแอโรบิก
3. สมรรถภาพทางกาย
    3.1 ความหมายของสมรรถภาพทางกาย
    3.2 องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย
    3.3 สมรรถภาพทางกายแบบทนทาน (Endurance performance)
    3.4 การทดสอบสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน
4. โภชนาการสำหรับนักกีฬาวิ่งมาราธอน
    4.1 ความต้องการพลังงานของนักกีฬาวิ่งมาราธอน
    4.2 อาหารสำหรับนักกีฬาวิ่งมาราธอน
5. เครื่องดื่มทางการกีฬา
    5.1 ความหมายของเครื่องดื่มทางการกีฬา
    5.2 องค์ประกอบของเครื่องดื่มทางการกีฬา
    5.3 รูปแบบของเครื่องดื่มทางการกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 ประโยชน์ของเครื่องดื่มทางการกีฬา

5.5 กลไลการดูดซึมเครื่องดื่มทางการกีฬา

6. ไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)

6.1 โครงสร้างของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

6.2 กระบวนการดูดซึมไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

6.3 คุณสมบัติของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

6.4 ประโยชน์ของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

6.5 ปริมาณการใช้ไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

7. งานวิจัยที่ผ่านมา

7.1 งานวิจัยในประเทศ

7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. กีฬาวิ่งมาราธอน

สมาคมกีฬากรีฑาแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2562) ได้ให้ความหมายกีฬาวิ่งมาราธอนว่า กีฬาวิ่งมาราธอน เป็นการแข่งขันวิ่งบนถนน เส้นเริ่มและเส้นชัยอาจอยู่ในสนามกรีฑาก็ได้ มีระยะทาง มาตรฐานในการจัดการแข่งขันสำหรับชายและหญิง และจัดเป็นกรีฑาประเภทถนน (road races)

1.1 ประวัติความเป็นมาของกีฬาวิ่งมาราธอนในต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กีฬามาราธอนได้รับการตั้งชื่อตามตำนานระยะทาง 26 ไมล์ซึ่งผลิตโดยทหารกรีกชื่อฟิลิปปิเดส (Philippedes) จากที่เกิดเหตุในการต่อสู้ของมาราธอน (marathon) ไปยังกรุงเอเธนส์ ซึ่งเขาประกาศความพ่ายแพ้ของผู้บุกรุกเป็นชาวเปอร์เซีย เมื่อภารกิจเสร็จสมบูรณ์เขาก็เสียชีวิตจากความเหนื่อยล้าทันที หลังจากวิ่งหนีไป 150 ไมล์จากสปาร์ตา

หลังจากเกิดตำนานมาราธอน ผู้จัดงานการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกครั้งแรกที่จัดขึ้นในกรุงเอเธนส์ในปี พ.ศ. 2439 ได้คิดค้นการแข่งขันวิ่งมาราธอนระยะทางกว่า 40 กม. เพื่อเฉลิมฉลองความสำเร็จของกรีกโบราณ ระยะทางนั้นขยายไปถึง 26 ไมล์ หรือประมาณ 41.84 กิโลเมตรในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกปี 1908 ในลอนดอน และเพิ่มขึ้นมาเป็น 42.195 กิโลเมตรในปัจจุบัน

สถิติโลกที่ดีที่สุดตามที่ระบุโดย World Athletics คือ เอเลียด คิปโชเก (Eliud Kipchoge) นักวิ่งมาราธอนจากประเทศเคนย่า ทำลายสถิติโลกการแข่งขันประเภทมาราธอน ใช้เวลาในการวิ่ง

น้อยที่สุดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 1 นาที 39 วินาที ในรายการ Berlin Marathon 2018 เมื่อวันที่ 16 กันยายน 2561 สถิติในการแข่งขันประเภทมาราธอนของประเทศไทย โดยนายโทนี่ อาทิตย์ เพย์น ในรายการ Frankfurt Marathon ณ ประเทศเยอรมนี วันที่ 28 ตุลาคม 2561 ใช้เวลาในการวิ่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 16 นาที 56 วินาที เป็นอันดับที่ 22 ของการแข่งขัน ทำลายสถิติประเทศไทยขึ้นมาใหม่ โดยทำลายสถิติเดิมของ นายจิรัฐติกาล บุญมา ที่เคยทำไว้ 2 ชั่วโมง 19 นาที 33 วินาที ในปี พ.ศ. 2538 ที่จังหวัดลำพูน (World Athletics, 2019)

1.2 ประวัติความเป็นมาของกีฬาวิ่งมาราธอนในประเทศไทย

ทรงศักดิ์ รักพ่วง (2561) ได้ศึกษาพบว่า การวิ่งมาราธอนในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 3 ยุค ได้แก่

การวิ่งมาราธอนในประเทศไทย ยุคที่ 1 (พ.ศ.2526-2554) กระแสความนิยมในด้านการวิ่ง (thai running boom) ในยุคแรก เริ่มต้นมาจากศาสตราจารย์นายแพทย์อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม ผู้ซึ่งบุกเบิกกระแสการวิ่งและเป็นผู้สร้างตำนานการวิ่งขึ้นในประเทศไทย ศ.นพ.อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม เคยป่วยเป็นโรคหัวใจ เมื่อครั้งตอนอายุ 40 ปี เนื่องมาจากการใช้ชีวิตที่ไม่ใส่ใจดูแลสุขภาพของตนเอง แต่หลังจากที่ป่วยเป็นโรคหัวใจ ศ.นพ.อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม ไม่ยอมแพ้ต่อโรคร้ายหันมาฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจของตัวเองโดยออกกำลังกายด้วยการวิ่ง ซึ่งสุดท้ายแล้ว ศ.นพ.อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม ได้หายจากโรคหัวใจและกลับมามีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรงอีกครั้ง หลังจากนั้นได้ เขียนหนังสือ “วิ่งสู่ชีวิตใหม่” ซึ่งเป็นหนังสือที่ถ่ายทอดประสบการณ์ความเจ็บป่วยของตนเอง โดยเขียนขึ้นมาจากการศึกษาค้นคว้าและทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้อ่านทั้งหลายตระหนักว่าหน้าที่การดูแลสุขภาพทั้งกายและใจให้เข้มแข็งสมบูรณ์ ทั้งนี้ ศ.นพ.อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม เป็นคนไทยคนแรกๆ ที่ริเริ่มจัดงานวิ่งขึ้นในเมืองไทย ในรายการ “วิ่งลอยฟ้า เฉลิมพระเกียรติ The Royal Marathon Bangkok” เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2530 ณ กรุงเทพมหานคร ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นประวัติศาสตร์การวิ่งของประเทศไทย เพราะนอกจากเป็นการจัดวิ่งระยะทางไกลระดับมาราธอน คือ 42.195 กิโลเมตร ที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกแล้วนั้น โดยรวมจำนวนนักวิ่งทั้งหมดมากกว่า 100,000 คน

การวิ่งมาราธอนในประเทศไทย ยุคที่ 2 (พ.ศ.2554-2559) ในปี พ.ศ.2554 วงการวิ่งในประเทศไทยเริ่มได้รับความนิยมน้อยลง ผู้ที่เกี่ยวข้องจึงมีความคิดริเริ่มในการจัดตั้งชมรมวิ่งให้เป็นรูปธรรมขึ้นโดยใช้วิธีการรวบรวมชมรมวิ่งต่างๆ ประมาณ 100 ชมรม ทั่วประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ร่วมกันพัฒนาและก่อตั้ง “สมาพันธ์ชมรมเดินวิ่งเพื่อสุขภาพไทย” ขึ้นในปี พ.ศ.2554 จากการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริม สุขภาพ (สสส.)

การวิ่งมาราธอนในประเทศไทย ยุคที่ 3 (พ.ศ. 2559-ปัจจุบัน) ในปี พ.ศ.2559 กระแสการวิ่งในประเทศไทยนับได้ว่าได้รับความนิยมอย่างมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากสถิติผู้ออกกำลังกาย ด้วยการวิ่งในประเทศไทย จากเดิมในปี พ.ศ.2554 มีจำนวนนักวิ่งในประเทศไทย 5.5 ล้านคน ต่อมาในปี พ.ศ.2559 จำนวน นักวิ่งในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็น 11.96 ล้านคน โดยแบ่งเป็นเพศหญิง จำนวน 7.4 ล้านคน และเป็นเพศชาย 4.56 ล้านคน หากจำแนกตามวัย พบว่า วัยทำงาน อายุ 22-59 ปี มีจำนวนมากที่สุด จำนวน 6.88 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 57.5 รองลงมาคือวัยสูงอายุ อายุ 60 ปีขึ้นไปจำนวน 2.49 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 20.8 วัยรุ่น อายุ 15-21 ปี จำนวน 1.9 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 16 และวัยเด็ก อายุ 5-14 ปี จำนวนประมาณ 7 แสนคน คิดเป็นร้อยละ 5.7 ซึ่งเปรียบเทียบผู้ที่ออกกำลังกายด้วยการวิ่งที่อาศัยอยู่ในเมืองกับชนบท พบว่า นักวิ่งในเมืองมีจำนวน 8.08 ล้านคน ร้อยละ 67.6 และอาศัยในชนบทจำนวน 3.88 ล้านคน ร้อยละ 32.4 ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีการจัดรายการการแข่งขันวิ่งขึ้นทุกสัปดาห์ มากกว่า 300 รายการต่อปี ดังจะเห็นได้จากสถิติ ผู้ออกกำลังกายด้วยการวิ่งในประเทศไทย และปัจจุบันรายการวิ่งที่จัดตามมาตรฐานจากสหพันธ์สมาคมกรีฑานานาชาติ กำหนด และจัดงานตามมาตรฐานระดับ IAAF Bronze Label Road Race คือรายการวิ่งบางแสน 42 ชลบุรีมาราธอน 2018 (World Athletics, 2019)

1.3 ประเภทของกีฬาวิ่งมาราธอน (จันทรัตน์ หิรัญกิจรังษี, 2562)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิ่งมาราธอนว่า มี 5 ประเภท ดังนี้

1) ฟันรัน (fun run) หรือที่เรียกกันว่า เดิน-วิ่ง เพื่อการกุศล คือ การวิ่งระยะทาง 3.5 - 5กิโลเมตร (2.17 – 3.11 ไมล์) ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่เริ่มต้นออกกำลังกายใหม่ ๆ

2) มินิมาราธอน (mini marathon) สำหรับการแข่งขันวิ่งมินิมาราธอน เท่ากับควอเตอร์มาราธอน (quarter marathon) หรือ หนึ่งในสี่ของมาราธอน (marathon) คือ การวิ่งระยะทาง 10.5 กิโลเมตร หรือ 10.55 กิโลเมตร (6.56 ไมล์) เป็นระยะทางที่นักวิ่งเพื่อสุขภาพนิยมกันมาก เพราะระยะทางไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป เหมาะสำหรับการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตาม นิยามของ “มินิมาราธอน” คำนี้มีความหมายกว้าง ๆ ว่าการแข่งขันวิ่งระยะไกลที่ไม่ถึงมาราธอน แสดงว่า มินิมาราธอน ไม่ได้แปลว่า ควอเตอร์มาราธอน เสมอไป โดยอาจหมายถึง ฮาล์ฟมาราธอน ควอเตอร์มาราธอน หรือระยะฟันรันที่อาจสั้น เพียง 5 กิโลเมตร ก็ได้ ยกตัวอย่างการแข่งขัน

ระดับสากล รายการวิ่งมินิมาราธอนที่ไม่ใช่ควอเตอร์มาราธอน เช่น Beirut mini-marathon ระยะวิ่ง 5 กิโลเมตร และ One America 500 Festival Mini-Marathon ระยะวิ่ง 21.1 กิโลเมตร (half marathon) เป็นต้น

3) ฮาล์ฟมาราธอน (half marathon) คือ การวิ่งระยะทาง 21 กิโลเมตร หรือ 21.0975 กิโลเมตร (13.1 หรือ 13.11 ไมล์) หรืออาจเรียกว่าการแข่งวิ่งระยะ 21k หรือ 21.1k ก็ได้ ซึ่งเป็นระยะทางมาตรฐานที่จัดแข่งขันระดับนานาชาติทั่วโลก นักวิ่งสมัครเล่นควรผ่านการฝึกซ้อมเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นในการแข่งขันจริง

4) มาราธอน (marathon) คือ การวิ่งระยะทาง 42.195 กิโลเมตร (26.2 หรือ 26.219 ไมล์) หรืออาจเรียกว่าการแข่งวิ่งระยะ 42k หรือ 42.2k ก็ได้ ซึ่งเป็นระยะทางมาตรฐานที่จัดแข่งขันระดับนานาชาติทั่วโลก

5) อัลตร้ามาราธอน (ultramarathon) คือ การวิ่งระยะทางมากกว่า 42.195 กิโลเมตร (มากกว่า 26.2 หรือ 26.219 ไมล์) เช่น Suanpruek 99 10 Hour Ultramarathon และ Chiang Mai Ultramarathon (ชื่อเดิม Doi Inthanon Ultramarathon) เป็นต้น จะมีการเข้าร่วมการแข่งขันในนักวิ่งสมัครเล่นและมืออาชีพ

1.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิ่งมาราธอน

1) ร่างกายอ่อนเพลีย ความอ่อนเพลียระหว่างการแข่งขันวิ่งมาราธอนเป็นผลมาจากหลายปัจจัย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะจากความอ่อนเพลียในระหว่างการแข่งขันอาจรวมถึงภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ จากการบริโภคคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอ กล่าวคือ การได้รับสารอาหารหลักเพื่อนำมาเป็นพลังงานในการออกกำลังกายไม่เพียงพอหรือไม่พอดีต่อปริมาณการออกกำลังกาย รวมทั้งการฝึกอบรมไม่เพียงพอสำหรับกิจกรรมหรือในระหว่างการแข่งขันที่นักวิ่งที่ไม่ได้รับการฝึกฝนอย่างเหมาะสม มีการลดสมรรถนะในการแข่งขันในช่วง 3.5 ชั่วโมงหลังจากเริ่มการแข่งขัน อาจส่งผลต่อการลดลงของไกลโคเจน ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ลดสมรรถนะในการแข่งขันเนื่องจากปัญหาเรื่องโภชนาการและการฝึกซ้อมที่ไม่เพียงพอ (Kenefick and Sawka, 2007)

2) ภาวะโซเดียมในเลือดต่ำ (hyponatremia) เป็นภาวะที่ร่างกายมีปริมาณโซเดียมในเลือดต่ำกว่าปกติ พบได้ทั่วไปในการแข่งขันหรือการออกกำลังกายที่ใช้ความอดทน ผลการแข่งขันไตรกีฬาและการวิ่งมาราธอนที่มีระยะเวลายาวนานกว่าที่ผู้เข้าแข่งขันตั้งเป้าหมายไว้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับภาวะโซเดียมในเลือดต่ำหรือสมดุลอิเล็กโทรไลต์ พบว่าในระหว่างการแข่งขัน

เมื่อมีการสูญเสียเหงื่อและโซเดียมของร่างกายต่ำกว่าปกติ ส่งผลให้กล้ามเนื้อกระตุก อ่อนล้าหมดแรง ซึ่งต้องมีการบริโภคเครื่องดื่มทางการกีฬาเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ อิเล็กโทรไลต์เพื่อรักษาประสิทธิภาพในการแข่งขันหรือการออกกำลังกาย (Shirreffs, 2009)

3) ภาวะอุณหภูมิในร่างกายสูง (hyperthermia) คือ อุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (core temperature) สูงกว่าปกติ ในระหว่างการออกกำลังกาย ความเครียดจากการออกกำลังกาย – ความร้อน กลไกหลักสำหรับการสูญเสียความร้อนจะเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในผิวหนังและการหลั่งเหงื่อการรักษาการไหลเวียนของเลือดในผิวหนัง อาจทำให้เกิดภาระต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด การไหลเวียนของเลือดในผิวหนังนั้นเกี่ยวข้องกับการลดความดันหัวใจห้องบนขวา และปริมาตรหลอดเลือดสมองที่ลดลงซึ่งต้องการอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้นเพื่อรักษาผลการเต้นของหัวใจ ซึ่งการลดลงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากหลอดเลือดดำที่ผิวหนังขนาดใหญ่ และจะขยายตัวในช่วงที่เกิดความเครียดจากความร้อน นอกจากนี้การหลั่งเหงื่ออาจส่งผลให้ร่างกายสูญเสียน้ำ ซึ่งจะทำให้ร่างกายทำงานหนักมากขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นโดยไม่สามารถรักษาระดับการออกกำลังกายที่เหมาะสมไว้ได้ จึงเกิดความเหนื่อยล้าได้เร็ว เป็นสาเหตุให้สมรรถภาพในการออกกำลังกายลดลง (Kenefick and Sawka, 2007)

4) การอ่อนเพลียที่เกิดจากความร้อน อุณหภูมิแกนกลางและอุณหภูมิผิว เป็นดัชนีเพื่อทำนายอัตราการเกิดการอ่อนเพลียจากความร้อน สำหรับผู้ที่ได้รับความร้อนจากการออกกำลังกายในสภาพผิวที่ร้อนจัดจนเกินไป และเกิดอุณหภูมิแกนกลาง มากกว่า 39 องศาเซลเซียส จะสัมพันธ์กับความเครียด ระบบหัวใจและหลอดเลือด (Kenefick and Sawka, 2007)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

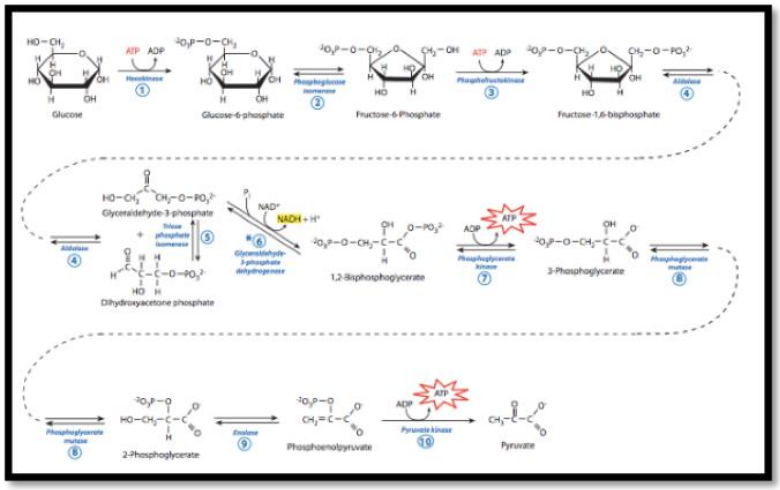
สรุปได้ว่า สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นของร่างกายในการวิ่งมาราธอน มีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายประการรวมถึงอาการอ่อนเพลียภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ ภาวะอุณหภูมิในร่างกายสูง และภาวะขาดน้ำ เป็นสาเหตุทำให้สมรรถภาพในการออกกำลังกายหรือการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลายาวนานลดลง ส่งผลทำให้นักกีฬาทำสถิติไม่ถึงเป้าหมาย หรือเกิดการหยุดการแข่งขันในกลางคัน รวมถึงการฝึกซ้อมที่ไม่เพียงพอและรูปแบบการฝึกไม่เหมาะสมสำหรับระยะทางการแข่งขัน ร่างกายไม่สามารถปรับสภาพตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมได้ และภาวะขาดน้ำเป็นผลมาจากระบบหัวใจและหลอดเลือดและไม่สามารถรักษาความดันโลหิตได้ จึงส่งผลต่อสมรรถนะทางกายในการแข่งขันที่ลดลงได้

2. ระบบพลังงานที่ใช้ในกีฬาวิ่งมาราธอน

ในการวิ่งมาราธอน ร่างกายได้รับพลังงานมาจาก 3 ระบบ (ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552) ซึ่งแต่ละระบบของกระบวนการสังเคราะห์พลังงานจะมีอัตราที่แตกต่างกัน แต่ระบบใดจะถูกนำมาใช้เด่นชัดมากกว่าระบบอื่นนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับความหนักและระยะเวลาของการออกกำลังกาย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ระบบเอทีพี – ซีพี (ATP – CP System) เป็นระบบพลังงานในช่วงแรกของการวิ่งมาราธอนในการเริ่มออกแรงวิ่ง และเป็นระบบที่ให้พลังงานได้อย่างรวดเร็วในทันที (immediate energy system) โดยโมเลกุลแรกที่ให้พลังงานได้ทันที คือ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphates; ATP) แต่ในเซลล์มีปริมาณ ATP น้อย ซึ่งใช้ได้ไม่กี่วินาที หากต้องการออกกำลังกายนานกว่า 2-3 วินาที ต้องนำครีเอทีนฟอตเฟต (creatine Phosphate; CP) มาใช้โดยการสลายด้วยครีเอทีน ไคเนส (creatine Kinase)

2.2 ระบบแอนแอโรบิก (anaerobic system) คือระบบพลังงานในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (short-term energy system) นักกีฬาวิ่งมาราธอนจะใช้ระบบพลังงานประเภทนี้ในช่วง 2-3 นาทีแรกของการวิ่ง ระบบนี้การสร้างเอทีพีจะเกิดขึ้นจากการแตกตัวของกลูโคสหรือไกลโคเจน จึงเรียกว่าระบบไกลโคไลซิส (glycolysis) ดังรูปที่ 1 ระบบนี้จะให้พลังงานได้เป็นเวลานานมากกว่าระบบเอทีพี – ซีพี ซึ่งกระบวนการสร้างพลังงานในระบบนี้ก็ยังเป็นกระบวนการที่ไม่มีการใช้ออกซิเจน ดังนั้น พลังงานที่ได้จะไม่สามารถใช้ออกกำลังกายได้เป็นเวลานาน ๆ ซึ่งในขณะออกกำลังกาย ร่างกายต้องการออกซิเจนจำนวนหนึ่ง แต่ไม่สามารถรับเข้าไปได้เพียงพอ ทำให้ออกซิเจนขาดหายไป จึงเรียกปริมาณออกซิเจนที่หายไปในการออกกำลังกายนี้ว่า ออกซิเจนดิฟิซิท (oxygen deficit)



รูปที่ 1 ระบบไกลโคไลซิส (glycolysis)

ที่มา: (Wong, 2019)

กรดแลคติก ซึ่งเป็นสารเหลือจากการสลายตัวของไกลโคเจน เป็นตัวบั่นทอนการทำงานของกล้ามเนื้อจึงทำให้เกิดความเจ็บปวดในกล้ามเนื้อมัดนั้น และทำให้กล้ามเนื้อมัดนั้นอ่อนเพลียหมดแรงได้ นักวิ่งมาราธอน มีความต้องการควบคุมระดับกรดแลคติก ในระดับที่เหมาะสมตลอดการแข่งขัน เนื่องจากกรดแลคติกมีความสำคัญสำหรับการออกกำลังกาย โดยจัดเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิง ถ้ากรดแลคติกที่ผลิตขึ้นในกล้ามเนื้อมัดที่มีการทำงานไม่ได้ถูกใช้เป็นต้นตอของพลังงานในกล้ามเนื้อมัดอื่นๆ นักกีฬาจะมีการทำงานหนักในช่วงท้ายของการแข่งขัน แต่ถ้ากรดแลคติกมีการเคลื่อนย้ายออกจากกล้ามเนื้อที่ถูกผลิตและถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเป็นพลังงานสำรองของกล้ามเนื้อมัดอื่นๆ ปัญหาในการเกิดกรดแลคติกก็จะน้อยลง (สนธยา สีละมาด, 2551)

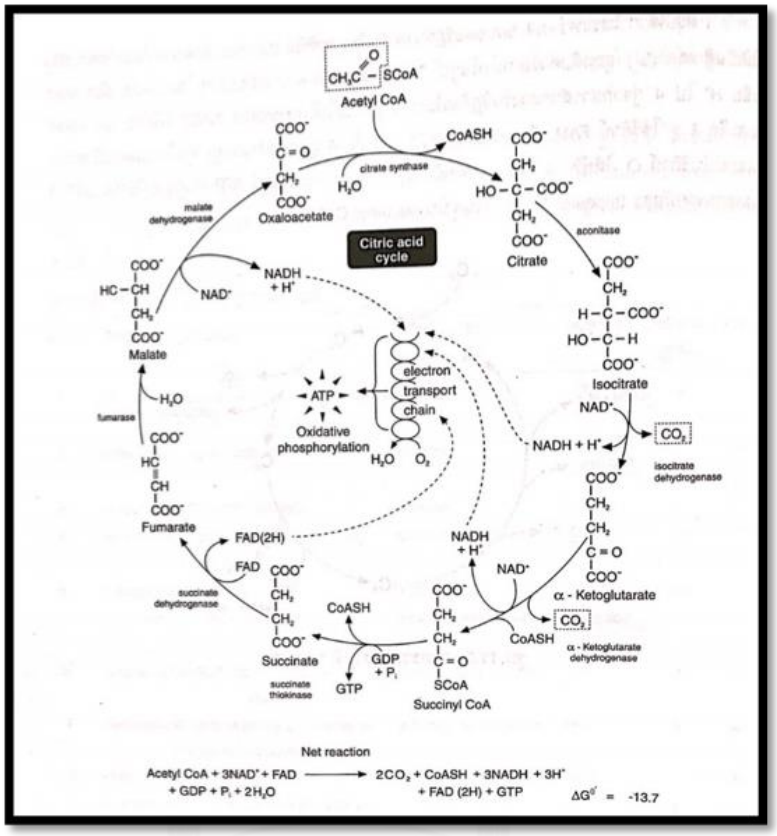
2.3 ระบบแอโรบิก (aerobic system) ระบบที่ให้พลังงานมาใช้เป็นระยะเวลานาน (long-term energy system) กระบวนการสร้างพลังงานในระบบนี้เป็นการสลายสารอาหารต่างๆ คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยการใช้ออกซิเจน (ดาวัลย์ ฉิมภู่, 2553)

2.3.1 การสลายกลูโคส แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันดังนี้

1) การสลายกลูโคสโดยใช้ออกซิเจน การสลายกลูโคสจนได้กรดไพรูวิกนั้นเกิดขึ้นในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ของเซลล์กล้ามเนื้อในทุกสภาวะ

2) การสังเคราะห์อะซิทิล โคเอนไซม์เอ (acetyl coenzyme a synthesis) โดยกรดไพรูวิก (pyruvic acid) แต่ละโมเลกุลจะถูกเปลี่ยนเป็นอะซิทิล โคเอนไซม์เอ หรือเรียกว่า อะซิทิล โคเอ (acetyl coa)

3) วัฏจักรเครบส์ (kreb's cycle) โดยกรดไพรูวิกที่ จะถูกเปลี่ยนเป็นอะซิทิลโคเอ และแตกตัวต่อไปในอนุกรมของปฏิกิริยาที่เรียกว่า เครบส์ไซเคิล หรือวัฏจักรเครบส์ ในวัฏจักรเครบส์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้น ดังรูปที่ 2



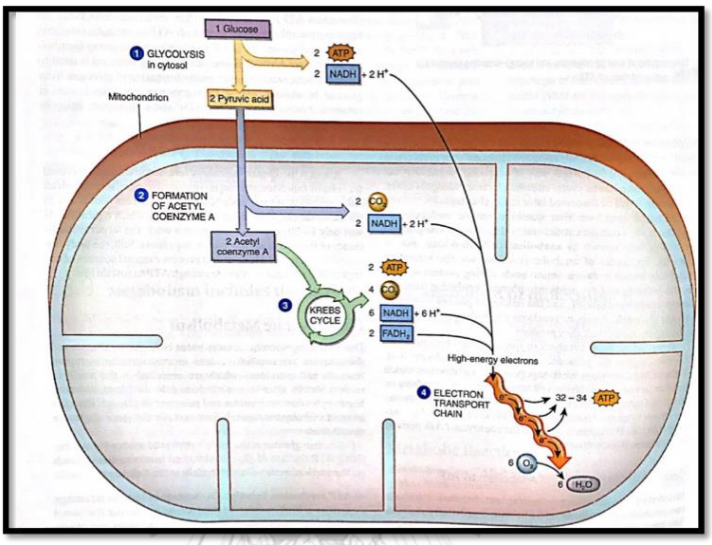
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2 วัฏจักรเครบส์ (kreb's cycle)
ที่มา: (ดาวัลย์ ฉิมภู่, 2553)

4) ระบบขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport system) โดยระบบขนส่งอิเล็กตรอนในช่วงนี้ เรียกว่า โซ่การหายใจ (respiratory chain) ในระบบขนส่งอิเล็กตรอนทั้งอิเล็กตรอน และไฮโดรเจนไอออนจะถูกถ่ายทอดจากสารประกอบหนึ่งไปยังสารประกอบถัดไป

พลังงานในระบบขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport system) เกิดขึ้นได้ช้าที่สุดในจำนวนทั้งหมดของระบบการสร้างพลังงาน จากข้อมูลดังกล่าวสรุปว่าในระบบออกซิเจนทั้ง 4 ขั้นตอน คือ การสลายกลูโคสโดยใช้ออกซิเจนการสร้างอะซิติลโคเอ วัฏจักรเครบส์ และการขนส่งอิเล็กตรอน เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน จะเห็นได้ว่าออกซิเจนจะเข้าไปร่วมกับปฏิกิริยา

ในขบวนการขนส่งอิเล็กตรอนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งระบบการสร้างพลังงานนี้ ไม่มีขีดจำกัดในเรื่องของเวลาหากมีสารตั้งต้น (substrate) ที่เป็นแหล่งของพลังงานและออกซิเจนเพียงพอแต่จะสามารถสร้างเอทีพีเพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับการออกกำลังกายได้เป็นระยะเวลาที่ยาวนานที่สุด (ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการสลายกลูโคสโดยการใช้ออกซิเจน
ที่มา: (Jenkins and Tortora, 2013)

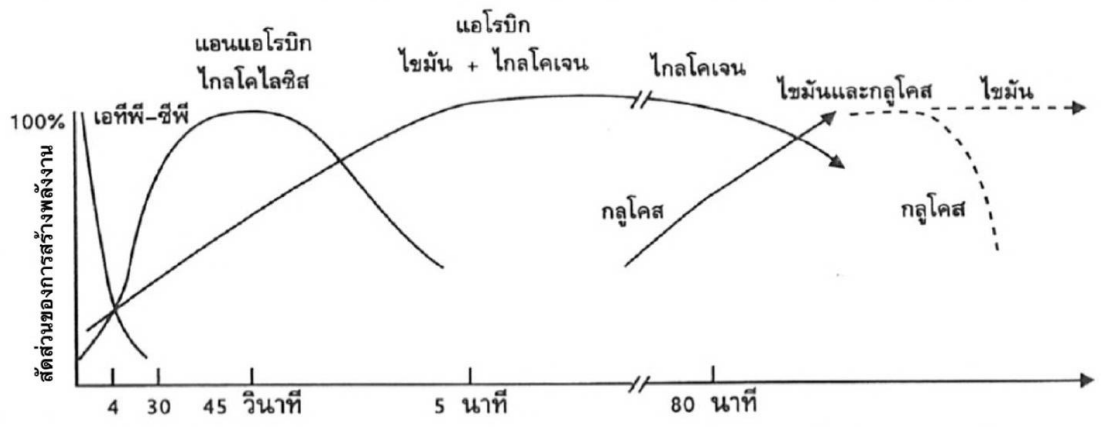
2.3.2 การสลายลิพิด เมื่อผ่านการย่อยอาหารแล้ว ลิพิดจะถูกย่อยเป็นกรดไขมัน (fatty acid) และกลีเซอลรอล (glycerol) ซึ่งกรดไขมันจะถูกลำเลียงเข้าสู่เซลล์เพื่อเก็บไว้เป็นแหล่งพลังงานสำรองส่วนกลีเซอลรอล จะถูกดูดซึมเข้าเซลล์สู่เซลล์ตับเมื่อร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงาน กลีเซอลรอลจะเปลี่ยนไปเป็นฟอสโฟกลีเซอลรอลดีไฮด์ (phosphoglyceraldehyde; PGAL) ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้จะมีการใช้สารพลังงานสูง คือ ATP หนึ่งโมเลกุลและ NADH เกิดขึ้นหนึ่งโมเลกุล ส่วน PGAL ที่เกิดขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามขั้นตอนของกระบวนการไกลโคไลซิสต่อไป

กรดไขมันที่อยู่ในไซโทซอล จะถูกนำเข้าสู่ไมโทรคอนเดรีย จากนั้นจึงมีการสลายกรดไขมันขึ้น โดยกระบวนการบีตาออกซิเดชัน (β-oxidation) มีการตัดโมเลกุลของกรดไขมันออกข้างละสองคาร์บอนอะตอม เกิดเป็นอะซิทิล โคเอนไซม์เอ (Acetyl coenzyme A) NADH และ $FADH_2$ อย่างละหนึ่งโมเลกุล หลังจากนั้นอะซิทิล โคเอนไซม์เอ จะเข้าสู่วัฏจักรเครบส์และมีการเป็นแปลงต่อไปตามขั้นตอนการสลายอาหารแบบใช้ออกซิเจน

2.3.3 การสลายโปรตีน โปรตีนเมื่อผ่านกระบวนการย่อยอาหารจะถูกย่อยให้เป็นกรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ผลิตโปรตีนหรือเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนอื่น และเมื่อร่างกายขาดแคนพลังงานจะสลายกรดอะมิโนได้ โดยกรดอะมิโนจะถูกดึงหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ออกจากโมเลกุล แล้วไปรวมกับไฮโดรเจนกลายเป็นแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นสารพิษที่ร่างกายต้องการกำจัดทิ้งโดยมีการเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของยูเรียและกรดยูริกก่อนส่วนที่เหลือของกรดอะมิโนหลังจากที่ถูกดึงหมู่อะมิโนออกแล้ว จะเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ได้หลายทางโดยอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นกรดไพรูวิกหรืออะซิทิล โคเอนไซม์เอ หรือสารบางตัวในวัฏจักรเครบส์

พลังงานที่ใช้ในการกีฬาวิ่งมาราธอน ที่มีระยะทาง 42.195 กิโลเมตร แบ่งการทำงานเป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบแอโรบิก จำนวน 98 %, ระบบแอนแอโรบิก จำนวน 1.9 % และระบบเอทีพี-ซีพี จำนวน 0.1 % การวิ่งมาราธอนใช้พลังงานจากระบบแอโรบิก (aerobic) เป็นหลัก แหล่งพลังงานจะมาจากคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ปริมาณของความเข้มข้นของออกซิเจนในพลาสมาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นตัวกำหนดปริมาณการดึงพลังงานจากไขมัน (fat oxidation) ออกมาใช้เป็นพลังงานในช่วงตลอดระยะเวลาการออกกำลังกายและการสำรองพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตในร่างกายมีปริมาณจำกัดจากการรับประทานเข้าสู่ร่างกาย โดยใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการออกกำลังกายที่ยาวนาน และการออกกำลังกายอย่างหนัก โดยร่างกายจะเก็บไว้ในรูปของไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ (สนธยา สีละมาด, 2551) การแข่งขันกีฬาวิ่งมาราธอน เป็นการใช้พลังงานที่มีความหนักระดับหนัก นักกีฬาวิ่งมาราธอนระดับโลก มีความสามารถของระบบการสันดาปไขมันที่มีประสิทธิภาพอย่างมาก (Yu et al, 2001) ซึ่งทำให้ นักกีฬาสามารถออกกำลังกายได้อย่างยาวนานยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 การใช้สารอาหารที่เก็บสะสมไว้ในร่างกายเป็นแหล่งพลังงานในการออกกำลังกาย
ที่มา: (สนธยา สีละมาด, 2551)

3. สมรรถภาพทางกาย

3.1 ความหมายของสมรรถภาพทางกาย

วาสนา คุณาอภิสิทธ์ (2541) ได้กล่าวว่า สมรรถภาพทางกาย (physical fitness) หมายถึง สภาวะทางกายที่ประกอบกิจกรรมประจำวันโดยปราศจากความเหนื่อยล้าเกินควร ลดความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพ และมีความแข็งแรงสมบูรณ์เป็นพื้นฐานเพียงพอต่อการเข้าร่วมกิจกรรมการออกกำลังกายได้หลากหลายรูปแบบ

3.2 องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย (นรีรัตน์ บุตรบุญปั้น, 2555)

3.2.1 ศักยภาพหรือความสามารถของระบบหายใจและระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด (cardio-respiratory capacity) หรือความอดทนของระบบไหลเวียนเลือด (cardiovascular endurance) หมายถึง คุณสมบัติของความสามารถอดทนต่อการปฏิบัติกิจกรรมหนักได้เป็นระยะเวลานานๆ หรือกล่าวได้ว่าสุขภาพของระบบไหลเวียนเลือดหมายรวมอยู่ในกิจกรรมที่ต้องการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ของร่างกายเป็นส่วนมาก เช่น วิ่ง ว่ายน้ำ ปั่นจักรยาน ทั้งนี้ เพราะกิจกรรมเหล่านี้กระตุ้นหัวใจและระบบการไหลเวียนเลือดและระบบหายใจได้ทำงานในระดับสูงขึ้นกว่าปกติอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.2 ความอดทนของกล้ามเนื้อ (muscle endurance) ความอดทนของกล้ามเนื้อหมายถึง คุณสมบัติที่บุคคลสามารถพยายามทำงานในกิจกรรมที่ต้องใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกันเป็นระยะเวลานานนาน

3.2.3 ความแข็งแรง (strength) ความแข็งแรง หมายถึง ความสามารถในการใช้แรงสูงสุดในการทำงานเพียงครั้งเดียว มีอยู่สองลักษณะ ได้แก่

- ความแข็งแรงแบบอยู่กับที่ (isometric or static strength) หมายถึง ลักษณะของการใช้แรงจำนวนสูงสุดในครั้งเดียวที่บุคคลสามารถกระทำต่อแรงต้านชนิดที่ข้อต่อไม่มีการเคลื่อนไหวที่ในขณะที่กล้ามเนื้อทั้งหมดกำลังหดตัว

- ความแข็งแรงแบบไม่อยู่กับที่ (isotonic or dynamic strength) หมายถึง จำนวนความต้านทานที่บุคคลสามารถทำให้ผ่านพ้นไปได้ในระหว่างการใช้แรงข้อต่อมีการเคลื่อนไหวในขณะมีการเคลื่อนที่อย่างเต็มแรงของข้อต่อเฉพาะแห่งหรือข้อต่อหลายหลายแห่งของร่างกายรวมอยู่ด้วย

3.2.4 ความยืดหยุ่น (flexibility) ความยืดหยุ่นหรือความอ่อนตัว หมายถึง ศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานของข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้ตลอดระยะเวลาการเคลื่อนที่ตามปกติความยืดหยุ่นจึงค่อนข้างเจาะจงลงที่ข้อต่อ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของกล้ามเนื้อและเอ็น (musculature and connective tissue) รอบๆข้อต่อนั้นมากกว่าโครงสร้างของกระดูกข้อต่อ การเคลื่อนที่ของข้อต่อมากกว่าปกติคือความสามารถพิเศษที่เกิดขึ้นจากการฝึกฝนของแต่ละคน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.5 องค์ประกอบของร่างกาย (body composition) องค์ประกอบของร่างกายจัดเป็นส่วนหนึ่งของสมรรถภาพทางกาย เพราะในปัจจุบันมีหลักฐานยืนยันได้ว่าไขมันส่วนเกินที่เก็บเอาไว้ในร่างกายมีความเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดของสุขภาพ และสมรรถภาพทางกาย การวัดองค์ประกอบของร่างกายจึงวัดออกมาเป็นร้อยละ เช่น ร้อยละของไขมันในร่างกาย (%fat)

3.2.6 สมรรถภาพทางกายแบบทนทาน (endurance performance)

3.3 สมรรถภาพทางกายแบบทนทาน (endurance performance) หมายถึง สมรรถภาพการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด เป็นปัจจัยสำคัญที่บอกระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกาย ซึ่งการมีสมรรถภาพการจับออกซิเจนที่ดี แสดงถึงความสมบูรณ์ของหัวใจในการสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เซลล์ต่างๆของกล้ามเนื้อสามารถนำออกซิเจนไปสร้างพลังงานได้ดี ร่างกายมีการประสานงานกันเป็นอย่างดีของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด จึงส่งผลให้สุขภาพดี ผู้ที่สามารถลำเลียงออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อต่างๆได้มากในขณะออกกำลังกาย แสดงว่าเป็นผู้มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง (maximal oxygen consumption; VO_2 max) (Foss and Keteyian, 1998)

3.4 การทดสอบสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน

3.4.1 การทดสอบระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือด (cardio-respiratory capacity) หรือความอดทนของระบบไหลเวียนเลือด (cardiovascular endurance) โดยการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีความสัมพันธ์กับกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นการทดสอบอัตราสูงสุดที่ร่างกายสามารถนำออกซิเจนไปใช้งานได้ในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก เป็นหนึ่งในตัวแปรหลักในด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกาย และทดสอบเพื่อบ่งบอกถึงการออกกำลังกายระบบหัวใจและหลอดเลือดของแต่ละบุคคล ระบุประสิทธิภาพของการออกกำลังกายที่ใช้ความอดทน ซึ่งกล่าวได้ว่า การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นการทดสอบสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน (McCormick, Meijen, & Marcora, 2015)

วิธีการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) แบบภาคสนาม (field test) โดยวิธีการวิ่งโดยฟังสัญญาณ (multistage fitness test or beep test) เพื่อวัดการสังเคราะห์พลังงานแบบใช้ออกซิเจน โดยการวิ่งจามสัญญาณในระยะทาง 20 เมตร ไปและกลับโดยความเร็วของสัญญาณจะเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 นาที โดยผู้ทดสอบต้องรักษาความเร็วในการวิ่งให้ทันตามสัญญาณ และบันทึกผลตามระดับที่ปฏิบัติได้เพื่อเทียบเกณฑ์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (ถาวร กมุทศรี และคณะ, 2562)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ในห้องปฏิบัติการ ใช้วิธีวัดโดยตรง (direct method) จากเครื่องมือ ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบด้วย ลู่กล (treadmill) เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (breath by breath cardiopumonary gas exchange system) เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate sensor) และหน้ากากวิเคราะห์แก๊ส วิธีทดสอบจากเครื่องเก็บอากาศ วิเคราะห์อัตราส่วนของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ จากอากาศที่หายใจเข้าออก เพื่อคำนวณหาจำนวนออกซิเจนที่ร่างกายจับได้ซึ่งวิธีการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด การทดสอบด้วยลู่กล (treadmill) เป็นอุปกรณ์ที่ดีที่สุดสำหรับการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำในการทดสอบ ซึ่งการทดสอบมีความคล้ายกับการเดินหรือการวิ่ง จะมีการค่อยๆเพิ่มระดับความหนักไปเรื่อยๆ จนเหนื่อยหมดแรง นักวิจัยและแพทย์นิยมนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการเพราะได้ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ (นรีรัตน์ บุตรบุญปั้น, 2555)

3.4.2 การทดสอบความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (strength & muscle endurance) วัดแบบความอดทนสมบูรณ์ของกล้ามเนื้อ (absolute endurance) ได้แก่ การวัดความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ออกแรงต้านกับแรงต้านทานที่เท่ากันต่อหน่วยเวลาหรือจำนวนครั้งที่กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้จนเกิดอาการเมื่อยล้า การทดสอบความแข็งแรงแบบอดทนโดยใช้วิธีการทดสอบส่วนต่างๆของร่างกาย (functional test) ในท่าดันพื้น (push up) เพื่อวัดความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อแขน ไหล่และหน้าอก การทดสอบในท่าลุกนั่ง (abdominal endurance test) เพื่อวัดความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อท้อง (ถาวร กมุทศรี และคณะ, 2562) ท่าสควอท (squat) และการย่อขา (leg lunge) เพื่อวัดความแข็งแรงและความอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อขาและสะโพก (Mikkola, et al, 2011)

4. โภชนาการสำหรับนักกีฬาวิ่งมาราธอน

4.1 ความต้องการพลังงานของนักกีฬาวิ่งมาราธอน (Jeukendrup, 2011)

กีฬาวิ่งมาราธอนใช้พลังงานจากระบบแอโรบิก (aerobic) เป็นหลัก ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักมาก โดยการใช้สารอาหารขณะวิ่งมาราธอน ในการวิ่งช่วง 1 ชั่วโมงเป็นต้นไป ร่างกายใช้ระบบพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต (กลูโคส) และไขมัน (กรดไขมันและไตรกลีเซอร์ไรด์) เป็นหลัก ในช่วงแรกคาร์โบไฮเดรตเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญที่สุดสำหรับสร้างพลังงานในการแข่งขัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรตระหว่างการวิ่งมาราธอนส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย (สนธยา สีละมาด, 2555) การใช้พลังงาน สารอาหารคาร์โบไฮเดรตที่เก็บสะสมไว้ในรูปของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อตับ และกลูโคสในเลือด ขณะวิ่งมาราธอน ร่างกายจะใช้พลังงานจากกลูโคสในเลือดเป็นแหล่งพลังงาน

หลักก่อน แล้วเปลี่ยนมาใช้พลังงานจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพื่อหดตัวเคลื่อนไหวร่างกาย เมื่อมีการออกกำลังกายนานขึ้น ปริมาณการสะสมของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่ทำงานขณะวิ่ง และไม่มีการสังเคราะห์เกิดขึ้นแทนที่ขณะประกอบกิจกรรม แหล่งพลังงานหลักขณะออกกำลังกายเป็นเวลานานจึงขึ้นอยู่กับกลูโคสในเลือด ถ้ากลูโคสในเลือดต่ำลงครึ่งหนึ่งของระดับปกติ เส้นใยกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายจะไม่สามารถระดับความหนักของการออกกำลังกายไว้ได้ เมื่อระยะเวลาการวิ่งเพิ่มขึ้น การเผาผลาญไขมันจึงเข้ามามีบทบาท การเผาผลาญโดยใช้ไขมันเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถให้พลังงานได้เป็นชั่วโมง อย่างไรก็ตามการให้พลังงานจะช้าและจะไม่สนับสนุนร่างกายให้เคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว ซึ่งการให้พลังงานโดยใช้คาร์โบไฮเดรตจะมีอัตราเร็วกว่าการผลิตพลังงานโดยใช้ไขมัน นักกีฬาวิ่งมาราธอนจำเป็นต้องมีการชดเชยไกลโคเจนขณะออกกำลังกาย เพื่อยืดเวลาการเกิดอาการความล้าของร่างกาย และช่วยรักษาระดับความสามารถในการออกกำลังกาย อีกทั้งเพื่อเป็นการป้องกันของร่างกายในการที่จะคงเหลือไกลโคเจนไว้ในร่างกายสำหรับใช้เป็นพลังงานของสมอง ซึ่งกลูโคสเป็นแหล่งพลังงานเดียวสำหรับการทำงานของสมอง ดังนั้นการทำงานร่วมกันของคาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นสิ่งที่เพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งมาราธอน และในส่วนของสมองเป็นอวัยวะหนึ่งที่ต้องได้รับกลูโคสอย่างต่อเนื่อง หากระดับกลูโคสลดลงกว่าปกติ กลูโคสในเลือดจะเข้าเซลล์สมองได้ช้า ไม่เพียงพอกับอัตราการใช้กลูโคสของเซลล์สมอง ร่างกายเกิดอาการจากภาวะสมองขาดกลูโคสหรือขาดพลังงาน ได้แก่ อ่อนเพลียวิงเวียน หน้ามืด และทำให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายลดลง (Burke, et al, 2005)

4.2 อาหารสำหรับนักกีฬาวิ่งมาราธอน (Jeukendrup, 2011)

ในการวิ่งมาราธอน การรับประทานอาหารให้ถูกต้อง เป็นความจำเป็นอย่างหนึ่ง เพราะในแต่ละวันร่างกายต้องสูญเสียพลังงานไปอย่างมากในการฝึกซ้อม จำต้องมีการรับประทานชดเชยให้เพียงพอ อาหารสำหรับนักวิ่งมาราธอน ควรเป็นอาหารที่ให้คุณค่าครบถ้วน ได้สัดส่วนของอาหารแต่ละหมู่ และมีปริมาณเพียงพอ นักวิ่งจึงควรมีการวางแผนการรับประทานอาหารเป็นขั้นตอน ช่วงก่อน ระหว่างและหลังการแข่งขันเพื่อให้ร่างกายพร้อมออกกำลังกายและสมบูรณ์ที่สุด มีความทนทานและสามารถวิ่งด้วยสมรรถภาพที่ดีไปตลอดการแข่งขัน ซึ่งแบบแผนการรับประทานอาหารแบ่งออกตามช่วงต่างๆ ดังต่อไปนี้

อาหารก่อนการวิ่งมาราธอน

การเตรียมตัวช่วงก่อนการวิ่งมาราธอน ควรเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตในมื้ออาหารให้สูงขึ้นตามระยะเวลาการฝึกซ้อมหรือระยะที่สอดคล้องกับการแข่งขันเพื่อเป็นการสะสมพลังงานสำรองในรูปไกลโคเจน ร่างกายสามารถสะสมไกลโคเจนที่กล้ามเนื้อ 80% ในตับ 14% และอีก 6%

จะอยู่ในรูปของน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดมีผลกระทบในเชิงบวกต่อผลการออกกำลังกาย การเสริมคาร์โบไฮเดรต 30-60 นาที ในปริมาณ 5-7 กรัมต่อน้ำหนักตัว ก่อนที่จะออกกำลังกาย ส่งเสริมการสังเคราะห์ไกลโคเจนเพิ่มเติม ช่วยให้ร่างกายมีน้ำตาลกลูโคสสำหรับใช้ในระหว่างการออกกำลังกายลดความเมื่อยล้าในระหว่างการออกกำลังกาย ซึ่งอาหารแต่ละชนิดมีดัชนีน้ำตาล (glycemic index - GI) คือ ค่าวัดความเร็วและปริมาณการเพิ่มของน้ำตาลในเลือดรวดเร็ว เป็นดัชนีที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพของอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งหลังรับประทาน ย่อย และถูกดูดซึมข้าสู่ระบบการย่อยและดูดซึมของร่างกายแล้ว สามารถเพิ่มระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดได้มากหรือน้อย ซึ่งอาหารที่มี GI ต่ำ จะเหมาะสมสำหรับก่อนการออกกำลังกายที่ต้องใช้พลังงานสูง อาหารที่มี GI สูง เหมาะสำหรับ รับประทานหลังออกกำลังกาย

อาหารระหว่างวิ่งมาราธอน

ระหว่างการออกกำลังกายหรือการแข่งขันนักกีฬาควรดื่มน้ำหวาน หรือเครื่องดื่มเกลือแร่ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การได้รับกลูโคส 200 กรัม จะช่วยเพิ่มความสามารถทางกายในการออกกำลังกายประเภททนทาน และจะทำให้นักกีฬามีแรงวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดของตนเองได้นานขึ้น การลดลงของไกลโคเจน และอัตราปริมาณการทำงานจะมีความสัมพันธ์กับระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อก่อนการแข่งขัน (Lee, et al, 2014) นอกจากนี้นักกีฬายังควรดื่มน้ำให้เพียงพอ เพื่อรักษาระดับสมรรถภาพไม่ให้ลดต่ำลง เนื่องจากขณะออกกำลังกายร่างกายจะมีการเกิดความร้อนขึ้น และร่างกายจะระบายความร้อนออกจากร่างกายด้วยการหลั่งเหงื่อและสูญเสียอิเล็กโตรไลท์ ซึ่งทำให้มีการลดลงของน้ำในร่างกายโดยเฉพาะการออกกำลังกายประเภททนทานที่อุณหภูมิในร่างกายจะเพิ่มขึ้นถึง 40 ถึง 41 องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อาหารหลังการออกกำลังกาย

อาหารหลังการออกกำลังกายหรือการแข่งขัน มีความสำคัญอย่างมากสำหรับช่วยนักกีฬาให้สามารถฟื้นสภาพได้เร็วขึ้น และมีพลังงานสำรองสำหรับการฝึกซ้อมและการแข่งขันต่อไป โดยเฉพาะถ้าเป็นการแข่งขันที่ใช้เวลานาน ปริมาณไกลโคเจนที่สะสมไว้ในร่างกายอาจหมดลงและการที่ร่างกายจะสามารถสะสมไกลโคเจนกลับมาในปริมาณเท่าเดิมได้จะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 24 ถึง 48 ชั่วโมง โดยมีอัตราการสะสมประมาณ 5% ต่อชั่วโมง การได้รับอาหารภายใน 2 ชั่วโมงหลังการแข่งขันโดยบริโภคคาร์โบไฮเดรตในปริมาณ 1.0–1.2 กรัมต่อน้ำหนักตัว ร่วมกับโปรตีน ในปริมาณ 0.3–0.4 กรัมต่อน้ำหนักตัว (Costa et al., 2019) จะมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการฟื้นสภาพของร่างกาย โดยอาหารหลังแข่งขันควรเป็นอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด

เพราะสามารถเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนได้มากที่สุดไม่ว่าจะอยู่ในรูปของน้ำตาลหรือแป้ง อย่างไรก็ตาม การรับประทานคาร์โบไฮเดรตหลังการออกกำลังกายอย่างหนักจะไม่สามารถลดอาการเจ็บปวดหลังออกกำลังกายได้ในกรณีที่มีการบาดเจ็บ นักกีฬาควรรับประทานอาหารที่มีโปรตีน วิตามินและเกลือแร่บางชนิดเพิ่มขึ้น

5. เครื่องดื่มทางการกีฬา (sports drink)

5.1 ความหมายของเครื่องดื่มทางการกีฬา

Portman และคณะ (2006) ให้ความหมาย เครื่องดื่มทางการกีฬา (sport drinks) เป็นเครื่องดื่มสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพสมรรถนะของกล้ามเนื้อในระหว่างการออกกำลังกาย นอกจากเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ เครื่องดื่มทางการกีฬาจะลดระยะเวลาถึงจุดเริ่มล้าระหว่างการออกกำลังกาย และการป้องกันการสะสมอนุมูลอิสระ ลดความเสียหายของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย การบริโภคเครื่องดื่มกีฬาในระหว่างการออกกำลังกายที่มีคาร์โบไฮเดรต ช่วยให้นักกีฬาสามารถยืดกล้ามเนื้อ และมีความสามารถด้านความทนทานในระดับที่สูงกว่าการดื่มน้ำเพียงอย่างเดียว เมื่อดื่มเครื่องดื่มทางการกีฬาในระหว่างการออกกำลังกาย คาร์โบไฮเดรตจะถูกขนส่งจากเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อสามารถแปลงเป็นพลังงาน เป็นเครื่องดื่มที่ให้พลังงาน นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายสำหรับคนออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา เหมาะสำหรับผู้ที่ร่างกายได้สูญเสียน้ำในปริมาณมากๆและสูญเสียอย่างต่อเนื่อง เช่นการวิ่งมาราธอน ปั่นจักรยานหรือว่ายน้ำระยะไกล (ออกกำลังกายด้วยความหนักต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที) การดื่มเครื่องดื่มทางการกีฬาจะเป็นการชดเชยน้ำที่สูญเสียไป ส่งผลให้ร่างกายรู้สึกสดชื่นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเครื่องดื่มทางการกีฬานั้นจะสามารถดื่มได้ทั้งก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างกายออกกำลังกาย รวมถึงหลังการออกกำลังกาย

เครื่องดื่มทางการกีฬา มีประโยชน์ด้านประสิทธิภาพอย่างมาก เครื่องดื่มทางการกีฬาให้คาร์โบไฮเดรต และของเหลวเข้าสู่ร่างกาย ช่วยให้ความชุ่มชื้นแก่ร่างกายทั้งก่อนแข่งขัน ระหว่างแข่งขัน และหลังการแข่งขัน คาร์โบไฮเดรตจะช่วยกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างการออกกำลังกาย หนึ่งในเป้าหมายหลักของการใช้เครื่องดื่มทางการกีฬาคือการดื่มน้ำโดยไม่ลดระดับโซเดียมเพื่อป้องกันภาวะขาดออกซิเจน การเพิ่มโปรตีนเป็นประโยชน์ในการป้องกันความเสียหายของกล้ามเนื้อและปรับปรุงหรือรักษาสมรรถนะของร่างกาย สารออกฤทธิ์อื่นๆในรูปแบบของวิตามิน มีบทบาทในการเผาผลาญพลังงานหรือในการป้องกันอนุมูลอิสระ แต่อยู่ในปริมาณเล็กน้อย (Urdampilleta et al., 2015)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเครื่องดื่มทางการกีฬาคือ เครื่องดื่มที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะในการออกกำลังกายแบบทนทานและความสามารถในการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานาน เป็นสิ่งที่ช่วยเพิ่มพลังงานให้กับนักกีฬามีบทบาทสำคัญทั้งก่อนออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกาย ซึ่งการบริโภคคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่เหมาะสม สามารถสังเคราะห์พลังงาน

เพียงพอต่อความเข้มข้นในการออกกำลังกาย ให้ความชุ่มชื้นแก่ร่างกาย ชดเชยน้ำที่สูญเสียไประหว่างออกกำลังกาย รวมถึงฟื้นฟูร่างกายหลังจากการแข่งขันกีฬาอีกด้วย

5.2 องค์ประกอบของเครื่องดื่มทางการกีฬา

เครื่องดื่มทางการกีฬา จะช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างการออกกำลังกาย ช่วยลดการเกิดออกซิเดชัน โดยป้องกันการสะสมของอนุมูลอิสระที่ก่อตัว เครื่องดื่มทางการกีฬามักมีส่วนประกอบหลักคือ คาร์โบไฮเดรต ปริมาณ 6-8 % ของปริมาณเครื่องดื่มทั้งหมด (Urdampilleta et al., 2015) คาร์โบไฮเดรตที่เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการออกกำลังกายในเครื่องดื่มทางการกีฬาส่วนใหญ่นั้นจะอยู่ในรูปของกลูโคสฟรุกโตส และซูโครส โดยกลูโคสจะเป็นส่วนประกอบหลักที่พบในเครื่องดื่มทางการกีฬามากที่สุด ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการออกกำลังกายโดยกระบวนการแอโรบิก รวมทั้งมีอิเล็กโตรไลท์เพื่อช่วยในการดูดซึม (Azevedo et al., 2007)

5.3 รูปแบบของเครื่องดื่มทางการกีฬา

รูปแบบของเครื่องดื่มทางการกีฬา ถูกออกแบบมาให้ใช้ในช่วงต่างๆของการออกกำลังกาย แบ่งเป็นเครื่องดื่มทางการกีฬาก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกาย และหลังการออกกำลังกาย (Urdampilleta et al., 2015) โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามสภาพตึงตัว (tonicity) และมีรายละเอียด ดังนี้

1. ไฮโปโทนิค (hypotonic) เหมาะสำหรับก่อนการแข่งขันหรือก่อนการฝึกซ้อม เครื่องดื่มประเภทนี้จะซึมเข้าสู่ร่างกายดีกว่าน้ำเปล่าเนื่องจากเครื่องดื่มประเภทนี้มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่ต่ำคือ น้อยกว่า 3 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และ มีเกลือผสมอยู่ด้วยเล็กน้อย เครื่องดื่มชนิดนี้จะช่วยบรรเทาอาการกระหายน้ำแต่จะไม่สามารถช่วยให้มีพลังงานที่เพียงพอในการออกกำลังกายได้จะทดแทนการเสียน้ำของร่างกายและยังเพิ่มคาร์โบไฮเดรต เช่น การออกกำลังกายน้อยกว่า 1 ชั่วโมง เพื่อเป็นการทดแทนการสูญเสียของเหลวในร่างกาย

2. ไอโซโทนิค (isotonic) เหมาะสำหรับระหว่างการออกกำลังกาย ระยะเวลาในการดูดซึมเข้าสู่ร่างการของเครื่องดื่มประเภทนี้ จะดูดซึมเร็วกว่าน้ำเปล่าเล็กน้อย แต่จะให้คาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่มากกว่าเครื่องดื่มประเภท ไฮโปโทนิค คือ 5 - 8 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร เครื่องดื่มประเภทนี้ถูกผลิตมาเพื่อเพิ่มพลังงานให้กับกล้ามเนื้อในการออกกำลังกาย โดยจะมีส่วนผสมของเกลือเพื่อช่วยในการดูดซึมและรักษาปริมาณของเหลวในร่างกาย เครื่องดื่มประเภทนี้ให้สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต สามารถทดแทนการสูญเสียน้ำภายในร่างกายได้เป็นอย่างดีและสามารถดื่มได้ทั้งก่อนหลัง และขณะออกกำลังกาย เหมาะสำหรับผู้ที่ออกกำลังกายเป็นเวลานานมากกว่า 1 ชั่วโมง

3. ไฮเปอร์โทนิค (hypertonic) เหมาะสำหรับหลังการออกกำลังกายหรือหลังแข่งขัน เครื่องดื่มประเภทนี้จะให้คาร์โบไฮเดรตในปริมาณมากกว่าเครื่องดื่มทางการกีฬาทุกประเภท มากกว่า 10 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ดั้งนั้นจึงส่งผลให้เครื่องดื่มประเภทนี้ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ช้า

กว่าน้ำเปล่า เครื่องดื่มประเภทนี้จะช่วยทดแทนพลังงานที่เสียไป มากกว่าการสูญเสียของน้ำภายในร่างกาย ควรดื่มเครื่องดื่มประเภทนี้เมื่อร่างกายต้องการการทดแทนของพลังงานมากกว่าทดแทนการสูญเสียน้ำของร่างกายและยังสามารถใช้ดื่มเพื่อเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตสำหรับผู้ที่ต้องการในแต่ละวัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบของเครื่องดื่มทางการกีฬา

ช่วงของการดื่ม	**ก่อนการแข่งขัน**	**ระหว่างการแข่งขัน**	**หลังการออกกำลังกาย**
ประเภทของเครื่องดื่ม	ไฮโปโทนิค	ไอโซโทนิค	ไอเปอร์โทนิค
น้ำตาล (%)	4-6%	6-9%	9-10%

ที่มา : (Urdampilleta et al., 2015)

5.4 ประโยชน์ของเครื่องดื่มทางการกีฬา

Kenefick และ Sawka (Kenefick and Sawka, 2007) ได้ศึกษาพบว่าการดื่มเครื่องดื่มทางการกีฬาสามารถเพิ่มสมรรถนะในการออกกำลังกาย และลดสาเหตุการล้มเหลวในการแข่งขันการวิ่งมาราธอน ดังนี้

1.ลดการขาดน้ำ

การดื่มเครื่องดื่มทางการกีฬาสามารถลดการขาดน้ำหรือการสูญเสียน้ำ และลดอุณหภูมิของร่างกายที่เพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกาย ซึ่งการขาดน้ำหรือการสูญเสียน้ำ โดยเหงื่อและแร่ธาตุที่เสียไปทุกๆ 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวจะทำให้สมรรถภาพลดลง แต่การสูญเสียน้ำ ทุกๆ 2–3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จะทำให้อุณหภูมิแกนกลางลำตัวเพิ่มขึ้นทีละ 1 องศา และอัตราการเต้นหัวใจจะสูงขึ้น 10 – 20 ครั้งต่อนาที และจะสรุปได้ว่าหากนักกีฬามีการขาดน้ำจะส่งผลให้เกิดภาวะต่างๆดังนี้

1.1 ร่างกายอ่อนเพลีย

ความอ่อนเพลียระหว่างการแข่งขันวิ่งมาราธอนอาจเป็นผลมาจากหลายปัจจัย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะจากความอ่อนเพลียในระหว่างการแข่งขันอาจรวมถึงภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ จากการบริโภคคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอ การฝึกอบรมไม่เพียงพอสำหรับกิจกรรมหรือในระหว่างการแข่งขันที่นักวิ่งที่ไม่ได้รับการฝึกฝนอย่างเหมาะสม มีการลดสมรรถนะในการแข่งขัน

ในช่วง 3.5 ชั่วโมงหลังจากเริ่มการแข่งขัน อาจส่งผลต่อการลดลงของไกลโคเจนและ Hyperthermia ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ลดสมรรถนะในการแข่งขัน

1.2 Hyperthermia

ในระหว่างความเครียดจากการออกกำลังกาย – ความร้อน กลไกหลักสำหรับการสูญเสียความร้อนจะเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในผิวหนังและการหลั่งเหงื่อ การรักษาการไหลเวียนของเลือดในผิวหนัง อาจทำให้เกิดภาระต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด การไหลเวียนของเลือดในผิวหนังนั้นเกี่ยวข้องกับการลดความดันหัวใจห้องบนขวา และปริมาตรหลอดเลือดสมองที่ลดลง ซึ่งต้องการอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้นเพื่อรักษาผลการเต้นของหัวใจ ซึ่งการลดลงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากหลอดเลือดดำที่ผิวหนังขนาดใหญ่ และจะขยายตัวในช่วงที่เกิดความเครียดจากความร้อน นอกจากนี้การหลั่งเหงื่ออาจส่งผลให้ร่างกายสูญเสียน้ำ (การคายน้ำ) ซึ่งจะช่วยลดปริมาณเลือด ดังนั้นความเครียดจากความร้อนจึงสามารถลดการอุดตันของหลอดเลือดระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก ความเครียดจากความร้อน อุณหภูมิแกนกลาง การส่งออกการเต้นของหัวใจสามารถลดลงต่ำกว่าระดับที่สังเกตได้ในระหว่างการออกกำลังกายในสภาพอากาศเย็น การลดลงของการเต้นของหัวใจและผิวหนังและกล้ามเนื้อ สามารถรักษาความดันโลหิตและการไหลเวียนของเลือดในสมอง

1.3 อ่อนเพลียจากความเครียดจากความร้อน

อุณหภูมิแกนกลางและอุณหภูมิผิว ให้ดัชนีเพื่อทำนายอัตราการเกิดการอ่อนเพลียจากความเครียดจากความร้อน สำหรับผู้ที่ได้รับความร้อนจากการออกกำลังกายในสภาพผิวที่ร้อนจัดจนเกินไปและมีความเครียดจากความร้อน มักจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิแกนกลาง มากกว่า 39 องศาเซลเซียส ในระหว่างที่เกิดความเครียดจากความร้อนที่ไม่สามารถทนได้ความอ่อนเพลียมักจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิแกนกลาง มากกว่า 39 องศาเซลเซียส และอาการอ่อนเพลียมักจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิแกนกลางที่ 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวที่สูงขึ้น จะสัมพันธ์กับความเครียดในระบบหัวใจและหลอดเลือดที่มากขึ้น สำหรับอุณหภูมิแกนกลางที่กำหนดและส่งผลให้หมดแรง

2. รักษาและเพิ่มระดับความสามารถของนักกีฬา

การดื่มเครื่องดื่มทางการกีฬา ที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักสามารถรักษาระดับน้ำตาลในเลือด โดยเฉพาะในการออกกำลังกายหรือการแข่งขันที่ต้องใช้ระยะเวลายาวนาน กลูโคสที่ได้จากเครื่องดื่มทางการกีฬาจะให้พลังงานแก่กล้ามเนื้อ กระตุ้นประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกล้ามเนื้อ โดยการดูดซึมจากกลูโคส ร่างกายจะนำพลังงานที่ได้ไปใช้ และเก็บไว้ในกล้ามเนื้อและตับเพื่อเป็นพลังงานอีกส่วนหนึ่ง จึงสามารถรักษาประสิทธิภาพการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและระดับน้ำตาลในเลือดได้ (Portman et al., 2006) สารอาหารจากคาร์โบไฮเดรตจึงเป็นแหล่งพลังงาน

ที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาที่แข่งที่ใช้ความอดทน ให้พลังงานส่วนใหญ่สำหรับการออกกำลังกายที่ใช้ความอดทน 85% ถึง 100% ของ VO_2max (Osiecki et al., 2009)

5.5 กลไกการดูดซึมเครื่องดื่มทางการกีฬา

เมื่อดื่มเครื่องดื่มทางการกีฬา กลูโคสจะถูกขนส่งจากเลือดไปยังกล้ามเนื้อซึ่งจะสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงาน โดยปกติแล้วการดูดซึมกลูโคสปริมาณ 10 % ของเครื่องดื่มทางการกีฬาที่บริโภคก่อนการออกกำลังกาย จะแนะนำให้ดื่มก่อนออกกำลังกายก่อน 1 ชั่วโมง การดูดซึมถูกควบคุมโดยอินซูลิน อย่างไรก็ตามในช่วงระยะเวลาของการออกกำลังกายในระยะเวลานาน หรือกีฬาที่ใช้ความอดทน มีการลดลงของการผลิตอินซูลินและกลูโคสจะถูกนำเข้าไปในกล้ามเนื้อเป็นหลักโดยการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ การดูดซึมกลูโคสเข้าสู่กล้ามเนื้อมีความสำคัญต่อการรักษาไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจนถึงระดับที่ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อได้รับการเก็บรักษาไว้ จะมีการพัฒนาขีดความสามารถความทนทานเนื่องจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อยังมีอยู่ในขณะออกกำลังกาย (Portman et al., 2006)

เครื่องดื่มประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายได้รับในแต่ละครั้งร่างกายจะย่อยและดูดซึมในรูปของกลูโคส และขนส่งไปยังตับเก็บสะสมไว้ในรูปของไกลโคเจนหรือขนส่งไปยังกล้ามเนื้อในรูปของกลูโคส ถ้าขณะนั้นกล้ามเนื้อมีการพร่องลงของพลังงาน กลูโคสจะถูกใช้ผลิตพลังงาน (ATP) แต่ถ้ากล้ามเนื้อมีพลังงานอยู่เต็ม กลูโคสจะถูกเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อในรูปของไกลโคเจน กลูโคสในเลือดบางส่วนจะถูกเผาผลาญโดยสมอง และไต เพื่อการทำหน้าที่ปกติของอวัยวะ อย่างไรก็ตามการเก็บสะสมไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อจะเพิ่มมากขึ้นถ้าร่างกายได้รับกลูโคสมากขึ้น เช่นเดียวกับการสะสมของไขมันในรูปไตรกลีเซอร์ไรด์ ในเนื้อเยื่อ จากการที่ร่างกายได้รับเข้ามากกว่าการถูกใช้ไปของร่างกาย (สนธยา สีละมาด, 2551)

การดูดซึมสารอาหารเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานในร่างกาย มีความสำคัญและสอดคล้องกับแต่ละชนิดกีฬาและตามแต่ระดับความหนักของการออกกำลังกาย เนื่องจากการกลไกการดูดซึมพลังงานต่างๆจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณและความเข้มข้นของสารอาหารที่รับประทานเข้าไป พลังงานจะเป็นในรูปแบบของคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายเปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นไกลโคเจนและเก็บที่ตับและกล้ามเนื้อ เพื่อเป็นพลังงานหลักและพลังงานสำรองในการเคลื่อนไหวร่างกาย รวมถึงการเก็บสำรองพลังงานจากกรดไขมัน และการดึงไขมันออกมาใช้เป็นพลังงานตลอดการแข่งขัน

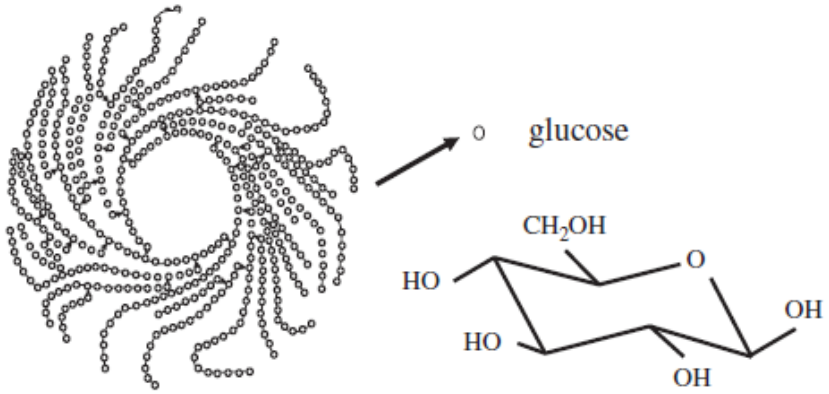
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)

6.1 โครงสร้างของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

ไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินเป็นมอลโทเด็กซ์ตรินชนิดใหม่ที่ผลิตจากแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวในส่วนที่เป็น อะไมโลเพกทิน (amylopectin) ถูกย่อยสลายโดยบรานชิงเอนไซม์ (branching enzyme) ทำให้เล็กลงและเกิดเป็นเป็น วัฏจักรที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยน้ำตาล

โมเลกุลเดี่ยวจำนวนหลายโมเลกุลมาเชื่อมต่อกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-30 นาโนเมตร (Kadota et al., 2015) ซึ่งเกิดจากโมเลกุลของแป้งจะแตกออกเป็นขั้นๆ เป็นโมเลกุลที่เล็กกว่าลงไปเรื่อยๆ คือ จาก เด็กซ์ตริน (dextrin) เป็นมอลโทสซึ่งประกอบด้วยกลูโคสสองโมเลกุล แล้วจากมอลโทสจึงแตกเป็นกลูโคส 2 โมเลกุล แป้งในลักษณะดังกล่าวจะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลมอลโทสโดยน้ำย่อย มอลเทส (maltase) (เชาว์ ชิโนรักษ์ และ พรรณี ชิโนรักษ์, 2552) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โครงสร้างของ Highly branched cyclic dextrin
ที่มา : (Kazunori et al., 2015)

6.2 กระบวนการดูดซึมไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

กระบวนการดูดซึม HBCD เมื่อบริโภค HBCD เข้าสู่ร่างกาย จะเกิดกระบวนการย่อยโดยเอนไซม์ที่ชื่อว่า อะไมเลส (amylase) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยแป้ง HBCD ให้เป็นเด็กซ์ตริน หรือน้ำตาลมอลโทส HBCD มีค่าความดันออสโมติกต่ำ (osmotic pressure) ผลที่ได้คือจะทำให้สารละลายมีความเข้มข้นต่ำลงและระดับของเหลวในหลอดเลือดสูงขึ้น มีอัตราการเคลื่อนผ่าน (gastric emptying rate; GE) จากกระเพาะอาหารไปสู่ลำไส้ได้เร็วกว่าเครื่องดื่มที่ใช้กลูโคสและมอลโทเด็กซ์ตริน (Shiraki et al., 2015) จึงทำให้เกิดการดูดซึมที่ลำไส้เล็กได้อย่างรวดเร็ว เมื่อ HBCD ถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กโดยกระเพาะจะค่อยๆลำเลียงไปทีละส่วน และจะมีการย่อย HBCD เป็นเด็กซ์ตริน จากเดกซ์ตรินเป็นมอลโทส และจากมอลโทสจึงแตกเป็นกลูโคส 2 โมเลกุล แป้งในลักษณะดังกล่าว จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลมอลโทสโดยน้ำย่อย มอลเทส (maltase) การย่อยจนได้เป็นสารโมเลกุลเดี่ยว แล้วผ่านผนังผนังลำไส้เข้าสู่กระแสเลือดเพื่อนำไปสู่ส่วนต่างๆของร่างกาย (เชาว์ ชิโนรักษ์ และ พรรณี ชิโนรักษ์, 2552)

Takii และคณะ (Takii et al., 2004) ได้ศึกษาพบว่า HBCD มีอัตราการเคลื่อนผ่าน (gastric emptying rate; GE) จากกระเพาะอาหารไปสู่ลำไส้ได้เร็วกว่าเครื่องดื่มที่ใช้กลูโคสและมอลโทเด็กซ์

ตริน ในระหว่างออกกำลังกาย ในอัตราของ HBCD มีค่า GE เท่ากับ 26.7 นาที และมีค่าความดันออสโมติกเท่ากับ 150 mOsm/L ในส่วนของกลูโคสมีอัตรา GE เท่ากับ 39.9 นาที และมีค่าความดันออสโมติกเท่ากับ 646 mOsm/L ซึ่งในช่วงพักและระหว่างออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยรายงานว่ารู้สึกไม่สบายตัวน้อยลงระหว่างการออกกำลังกายเมื่อได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD เมื่อเทียบกับเครื่องดื่มที่ใช้กลูโคสหรือมอลโทเด็กซ์ตริน นอกจากนี้ ความเร็วของอัตราการเคลื่อนผ่าน (gastric emptying rate; GE) จากกระเพาะอาหารไปสู่ลำไส้ ของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ยังสามารถดูดซึมไปเป็นพลังงานได้รวดเร็วส่งผลให้การสังเคราะห์พลังงานเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแรงดันออสโมติกและอัตราการเคลื่อนผ่านของอาหารไปสู่ลำไส้ ของการบริโภคเครื่องดื่มก่อนการออกกำลังกาย

เครื่องดื่ม	**ปริมาณ**	**แรงดันออสโมติก (mOsm/L)**	**อัตราการเคลื่อนผ่านของอาหารไปสู่ลำไส้ (นาที)**
น้ำเปล่า	10 %	2	12.8
กลูโคส	10 %	646	39.9
มอลโทส	10 %	298	31.2
ซูโครส	10 %	313	24.4
HBCD	10 %	150	26.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่มา: (Takii et al., 2004)

6.3 คุณสมบัติของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

HBCD เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ปลดปล่อยพลังงานอย่างช้าๆและยั่งยืน ซึ่งจะช่วยให้ออกกำลังกายเป็นระยะเวลานานขึ้นก่อนที่จะรู้สึกเหนื่อยล้า เนื่องจากมีระดับพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดและ / หรืออินซูลินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตรูปแบบอื่นให้พลังงานน้อยกว่า เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ นั้นแตกต่างจากรูปแบบอื่น

และปล่อยให้พลังงานค่อยๆไหลเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งจะช่วยในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดและอินซูลินในการควบคุม (Shiraki et al., 2015) ซึ่ง HBCD มีคุณสมบัติดังนี้

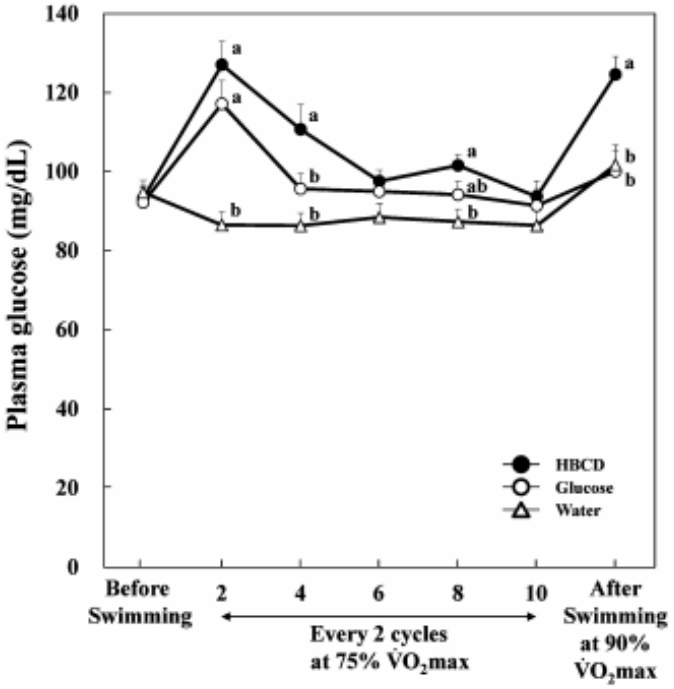
1. HBCD มีโครงสร้างเป็นวัฏจักรที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจำนวนหลายโมเลกุลมาเชื่อมต่อกันมีหน่วยกลูโคสมากกว่า 10 หน่วย
2. HBCD มีแรงดันออสโมติกต่ำ ผลที่ได้คือจะทำให้สารละลายมีความเข้มข้นต่ำลงและระดับของเหลวในหลอดสูงขึ้น จึงทำให้เกิดการดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว
3. HBCD มีอัตราการเคลื่อนผ่าน (gastric emptying rate; GE) จากกระเพาะอาหารไปสู่ลำไส้ได้เร็ว

Furuyashiki และคณะ (Furuyashiki et al., 2014) ได้ศึกษาพบว่า การบริโภค HBCD 15 กรัม ต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร ส่งผลให้คะแนนของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ต่ำกว่าการบริโภคแบบอื่นในระหว่างการฝึกความอดทน ยืดเวลาการใช้ไกลโคเจนเพื่อทำให้เกิดกรดแลคติกได้ช้าลง เป็นที่มาของความเหนื่อยล้าและลดประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย รวมทั้งยืดเวลากระบวนการออกซิเดชั่นของไขมัน เนื่องจาก HBCD จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอย่างช้าๆ และดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดทำให้ร่างกายได้รับพลังงานอย่างต่อเนื่อง

6.4 ประโยชน์ของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

HBCD มีประโยชน์ในทางการกีฬาต่างๆ ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬาในการแข่งขันให้ดีขึ้น ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

ผลของการประเมินสมรรถภาพการออกกำลังกายของนักกีฬาว่ายน้ำ ในงานวิจัยของ Shiraki และคณะ (Shiraki et al., 2015) ระบุว่า การบริโภค HBCD (น้ำหนัก 1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม), กลูโคส (น้ำหนัก 1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) และน้ำ ผลคือ ในการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD, น้ำตาลกลูโคสและน้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในระดับน้ำตาลในเลือดในกลุ่มตัวอย่าง ที่ดื่มเครื่องดื่มที่มี HBCD มีระดับที่สูงขึ้นในระหว่างรอบก่อนการทดสอบว่ายน้ำและมากกว่าในกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีกลูโคสหรือน้ำและช่วงเวลาที่เกิดความเหนื่อยในการทดลองกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มี HBCD ช้ากว่าในกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีกลูโคสหรือน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการดื่มเครื่องดื่มที่มี HBCD ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานสามารถรักษาความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดการออกซิไดซ์คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate oxidation) และยืดเวลาการใช้น้ำตาลในเลือดที่เป็น แหล่งพลังงานได้



รูปที่ 6 ความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือดในการบริโภค HBCD, กลูโคส และน้ำเปล่า
ที่มา : (Shiraki et al., 2015)

Takii และคณะ (Takii et al., 2004) กล่าวถึงประโยชน์ของ HBCD ว่า HBCD มักใช้เป็นส่วนผสมหลักของเครื่องดื่มกีฬาเพื่อรักษาระดับของกลูโคสในเลือด ยืดเวลาการใช้ไกลโคเจนเพื่อทำให้เกิดกรดแลคติกได้ช้าลง ลดประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย รวมทั้งยืดเวลากระบวนการออกซิเดชั่นของไขมัน เนื่องจาก HBCD จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอยู่อย่างต่อเนื่องทำให้ร่างกายได้รับพลังงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้นักกีฬาออกกำลังกายได้ในระยะเวลานานมากขึ้น มีความเหนื่อยล้าน้อยลง นอกจากนั้นประโยชน์ของ HBCD มีแรงดันออสโมติกต่ำมาก ผลการศึกษา การตรวจวัดระยะเวลาของอาหารรับประทานเข้าไปแล้วคงที่อยู่ในกระเพาะจนถูกถ่ายออกไปอยู่ที่ลำไส้เล็กจนหมด (GE) ของ HBCD นั้นคงอยู่ในกระเพาะอาหารระยะเวลาสั้น และจากการศึกษาพบว่า HBCD ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางการกีฬาและไม่รบกวนระบบทางเดินอาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการออกกำลังกาย ดังนั้นเราสามารถกำหนดปริมาณเครื่องดื่มกีฬาโดยให้มีส่วนผสมของ HBCD ไม่ต้องคำนึงถึงความดันออสโมติกที่เพิ่มขึ้นในกระเพาะอาหาร และได้ศึกษาพบว่า การบริโภค HBCD 15 กรัม ของกลุ่มตัวอย่างเพศชาย 7 คน และเพศหญิง 3 คน ส่งผลให้คะแนนของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยต่ำกว่าการบริโภคแบบอื่น ในระหว่างการฝึกความอดทน ดังนั้นประโยชน์ของ HBCD ได้แก่ การดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีดัชนีระดับน้ำตาลในเลือดสูงมีความสามารถ

ในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดขณะออกกำลังกายและการออกซิไดซ์คาร์โบไฮเดรต ยืดเวลาการใช้น้ำตาลในเลือดที่เป็นแหล่งพลังงาน

Furuyashiki และคณะ (Furuyashiki et al., 2014) ได้เปรียบเทียบผลของปริมาณการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD กับ มอลโทเด็กซ์ตริน (15 กรัม) กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย จำนวน 24 คน ฝึกความอดทนในการปั่นจักรยาน ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion) ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาเพศชาย ผลคือ หลังจากการทดสอบการบริโภคเครื่องดื่ม แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของระดับการรับรู้ความรู้กสึกเหนื่อย ที่ 30 และ 60 นาทีหลัง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากบริโภค HBCD มากกว่า มอลโทเด็กซ์ตริน

Suzuki และคณะ (Suzuki et al., 2014) กล่าวว่าผลของการบริโภคเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ในการแข่งขันไตรกีฬา เพื่อวิเคราะห์จำนวนเม็ดเลือดขาวและความเข้มข้นของฮอร์โมนความเครียดและไซโตไคน์ ได้มีการรวบรวมตัวอย่างเลือดและปัสสาวะก่อนและหลังผลคือ ความเข้มข้นของฮอร์โมนที่ตอบสนองต่อ(ภาวะเครียด นอร์อะดรีนาลิน; noradrenalin) ในพลาสมาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < .05$) ระหว่างการออกกำลังกายในการทดลองน้ำตาลกลูโคส แต่ไม่ได้อยู่ในการทดลอง HBCD ปัสสาวะหลังการแข่งขัน IL-8, IL-10 และ IL-12p40 นั้นต่ำกว่าในการทดลอง HBCD อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการทดลองกลูโคส ($P < .05$) ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ลดการตอบสนองของฮอร์โมนความเครียดและลดระดับไซโตไคน์ในปัสสาวะหลังจากการแข่งขัน

สรุปประโยชน์ของ HBCD มีการดูดซึมนำไปใช้เป็นพลังงานอย่างรวดเร็ว โดยเมื่อดูดซึมไปแล้วมีการปลดปล่อยพลังงานโดยกระบวนการย่อยสลายของ HBCD เร็ว มีความสามารถในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดขณะออกกำลังกาย ยืดเวลาการใช้ไกลโคเจนเพื่อทำให้เกิดกรดแลคติกได้ช้าลง รวมทั้งยืดเวลากระบวนการออกซิเดชั่นของไขมัน ซึ่งทำให้นักกีฬาออกกำลังกายได้ยาวนานมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย

6.5 ปริมาณการใช้ไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

Shiraki และคณะ (Shiraki et al., 2015) ได้ศึกษาพบว่า ผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ในปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ในปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร ทำการทดสอบในนักกีฬาว่ายน้ำ เพศชาย จำนวน 7 คน ว่ายน้ำด้วยความหนัก 90 % ของ VO_2max จนเหนื่อยหมดแรง และทำการตรวจระดับกลูโคสในเลือดและกรดแลคติกในเลือดก่อนการทดสอบว่ายน้ำ, หลังจากที่ 2, 4, 6, 8 รอบที่ 10 และหลังจากการทดสอบ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มการทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีระยะเวลาการว่ายน้ำจนเหนื่อยหมดแรงนานกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพ

ในการออกกำลังกาย สอดคล้องกับ Takii และคณะ (Takii et al., 2004) ได้ศึกษาพบว่า การบริโภค HBCD 15 กรัม ส่งผลให้คะแนนของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยกว่าการบริโภคแบบอื่น ในระหว่างการฝึกความอดทน ดังนั้นประโยชน์ของ HBCD ได้แก่ การดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีดัชนีระดับน้ำตาลในเลือดสูงมีความสามารถในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดขณะออกกำลังกายและการออกซิไดซ์คาร์โบไฮเดรต ซึ่งสอดคล้องกับ Furuyashiki และคณะ (Furuyashiki et al., 2014) ได้เปรียบเทียบผลของปริมาณ HBCD กับ มอลโทเด็กซ์ตริน (15 กรัม) ระหว่างการฝึกความอดทนในการจัดระดับการรับรู้ความรู้กสึกเหนื่อย (perceived exertion) ผลคือ หลังจากการทดสอบการบริโภคเครื่องดื่ม แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของระดับการรับรู้ความรู้กสึกเหนื่อย ที่ 30 และ 60 นาทีหลัง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากบริโภค HBCD มากกว่า มอลโทเด็กซ์ตริน

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าปริมาณการใช้ HBCD คือ น้ำหนัก 1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัว ละลายน้ำในปริมาณ 500 มิลลิลิตร เพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดขณะออกกำลังกาย เพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและการแข่งขัน

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ

7.1 งานวิจัยในประเทศ

อรัทยา ถนอมเมฆ และประทุม ม่วงมี (2555) ได้ศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีความเข้มข้นต่างกัน และ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณกรดแลคติกและกลูโคสในเลือด กลุ่มตัวอย่างถูกเลือกมาแบบเจาะจง (purposive sampling) มีคุณสมบัติเป็นนักกีฬาเพศหญิง จากสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตอ่างทอง จานวน 38 คน ทดสอบโดยการปั่นจักรยานให้อัตราชีพจรถึง 170 ครั้ง/นาที เมื่อหยุดปั่นจักรยานจะได้รับเครื่องดื่มผสมกลูโคสที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 3%,7%, 10% และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส จำนวน 500 มิลลิลิตร ผลการวิจัยพบว่า เครื่องดื่มผสมกลูโคสที่มีความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณกรดแลคติกในเลือด แต่มีผลต่อปริมาณกลูโคสในเลือด โดยพบว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มผสมกลูโคสที่มี ความเข้มข้น 7% จะมีปริมาณกลูโคสในเลือดสูงกว่าเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสและเครื่องดื่มผสมกลูโคสที่มีความเข้มข้น ในปริมาณอื่นๆ

7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Shiraki และคณะ (Shiraki et al., 2015) ได้ศึกษาพบว่า ผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ในปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ในปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร ทำการทดสอบในนักกีฬาว่ายน้ำ เพศชาย จำนวน 7 คน ว่ายน้ำด้วยความหนัก 90 % ของ VO_2max จนเหนื่อยหมดแรง และทำการตรวจระดับกลูโคสในเลือดและกรดแลคติกในเลือด

ก่อนการทดสอบว่ายน้ำ, หลังจากที่ 2, 4, 6, 8 รอบที่ 10 และหลังจากการทดสอบ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มการทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีระยะเวลาการว่ายน้ำจนเหนื่อยหมดแรงนานกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

Furuyashiki และคณะ (Furuyashiki et al., 2014) ได้เปรียบเทียบผลของปริมาณการดื่มเครื่องดื่มก่อนการทดสอบ 1 ชั่วโมง ที่มีส่วนผสมของ HBCD กับ มอลโทเด็กซ์ตริน (15 กรัม) ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 24 คน ออกกำลังกายโดยใช้ Aerobike ที่ 40% VO_2max เป็นเวลา 30 นาทีและที่ 60% VO_2max เป็นเวลา 90 นาที (ออกกำลังกายรวม 2 ชั่วโมง) ระหว่างการทดสอบมีการประเมินการจัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion), ปริมาณน้ำตาลในเลือด, ปริมาณกรดแลคติก และปริมาณคีโตน ผลการทดลองพบว่าหลังจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการลดลงของระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ที่ 30 และ 60 นาทีหลัง อย่างมีนัยสำคัญ หลังจากบริโภค HBCD มากกว่ามอลโทเด็กซ์ตริน

Takii และคณะ (Takii et al., 2004) ศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่าง เพศชาย 7 คนและเพศหญิง 3 คน ดื่มเครื่องดื่ม ปริมาณ 350 มิลลิลิตร โดยให้เลือกดื่มดังต่อไปนี้ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต, HBCD, กลูโคส, มอลโตส, ซูโครสและเด็กซ์ตริน (DE16) ในปริมาณ 5 และ 10% ของคาร์โบไฮเดรต ทำการทดสอบด้วยการการปั่นจักรยาน 30 นาที ขณะออกกำลังกายมีการประเมินระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) น้ำตาลในเลือด (blood glucose) และประเมินอัตราเร็วที่อาหารผ่านพ้นจากกระเพาะอาหารไปสู่ลำไส้ (gastric emptying rate; GE) จากนั้นนั่งในห้องอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบพบว่า กลุ่มตัวอย่างรายงานว่ารู้สึกไม่ถูกรบกวนในบริเวณทางเดินอาหารเมื่อดื่มเครื่องดื่มประเภท HBCD เมื่อเทียบกับเครื่องดื่มที่มีกลูโคสหรือมอลโทเด็กซ์ตริน และพบว่า HBCD มีเวลาที่ถ่ายในกระเพาะอาหารสั้นลง เมื่อเทียบกับกลูโคสเนื่องจากแรงดันออสโมติกต่ำ และยังส่งผลให้ความผิดปกติของระบบทางเดินอาหารน้อยลง แสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีอัตราเร็วที่อาหารผ่านพ้นจากกระเพาะอาหารไปสู่ลำไส้ (gastric emptying rate) เร็วกว่าเครื่องดื่มที่ใช้กลูโคสและมอลโทเด็กซ์ตริน โดย HBCD มีค่า GE เท่ากับ 26.7 นาที กลูโคส ค่า GE เท่ากับ 39.9 นาที และมอลโทเด็กซ์ตริน มีค่า GE เท่ากับ 31.2 นาที ในส่วนของการประเมินระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยมีแนวโน้มลดลงในช่วงหลังการออกกำลังกาย

Suzuki และคณะ (Suzuki et al., 2014) กล่าวว่าผลของการบริโภคเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ในกลุ่มการทดลองที่ 1 จำนวน 4 คน และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ในกลุ่มการทดลองที่ 2 จำนวน 3 คน ก่อนการแข่งขันไตรกีฬา โดยเริ่มจากการวิ่ง 5 กิโลเมตร จากนั้นปั่นจักรยาน 40 กิโลเมตร และวิ่งในระยะทาง 5 กิโลเมตร เก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ

ก่อนและหลังการแข่งขัน วิเคราะห์จำนวนเม็ดเลือดขาวและความเข้มข้นของฮอร์โมนความเครียดและไซโตไคน์ ผลคือ ความเข้มข้นของฮอร์โมนที่ตอบสนองต่อภาวะเครียด (noradrenalin) ในพลาสมาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05) ระหว่างการออกกำลังกายในการทดลองน้ำตาลกลูโคส แต่ไม่ได้อยู่ในการทดลอง HBCD ปัสสาวะหลังการแข่งขัน IL-8, IL-10 และ IL-12p40 นั้นต่ำกว่าในการทดลอง HBCD อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการทดลองกลูโคส (P <.05) ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ลดการตอบสนองของฮอร์โมนความเครียดและลดระดับไซโตไคน์ในปัสสาวะหลังจากการแข่งขัน

Arkinstall และคณะ (Arkinstall et al., 2001) ได้ศึกษาผลของการบริโภคคาร์โบไฮเดรตและน้ำ ก่อนและระหว่างการออกกำลังกายมีผลต่อการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตและการเผาผลาญพลังงานในการวิ่งและการปั่นจักรยานระยะไกล กลุ่มตัวอย่างเพศชาย 7 คน ได้รับการฝึกฝนในการออกกำลังกาย อายุเฉลี่ย 31 ปี มีการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด สุ่มการดื่มเครื่องดื่ม 2 ชนิด คือ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต 6.4 % ของน้ำปริมาณ 8 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัม และน้ำเปล่าปริมาณ 8 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัม ดื่มเครื่องดื่มก่อนการทดลอง 10 นาที และระหว่างการออกกำลังกายในนาทีที่ 10,20,40 และ 60 ทำการวิ่งและปั่นจักรยานที่ความหนัก 70 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดตัวแปร ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด และประเมินระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย และการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ผลการทดสอบคืออัตราการเต้นของหัวใจ ระดับกรดแลคติกในเลือด และระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยไม่แตกต่างกัน ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในการบริโภคเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตในการวิ่งและปั่นจักรยาน ในนาทีที่ 10 และ 30 อย่างมีนัยสำคัญ และการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตและไขมันแตกต่างกันในเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญ สรุปผลการทดลอง การบริโภคคาร์โบไฮเดรต 6.4 % ของน้ำปริมาณ 8 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัมในระหว่างการวิ่งและการปั่นจักรยาน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต และลดการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อในการออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง

Jeukendrup (Jeukendrup, 2004) ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการบริโภคคาร์โบไฮเดรตในระหว่างการออกกำลังกาย สามารถเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายแบบทนทาน ลดความอ่อนเพลีย และเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกายในระหว่างการออกกำลังกายเป็นเวลานาน โดยให้กลุ่มที่ 1 ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ในอัตรา 1 กรัม / นาที ละลายในน้ำเกลือ กลุ่มที่ 2 ดื่มน้ำเกลือ ก่อนการออกกำลังกาย ความหนักที่ 75% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการทดสอบ กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในระหว่างการออกกำลังกาย งานวิจัยต่างๆ ยังแสดงให้เห็นถึงผลของการบริโภคอาหารเสริมที่มี

คาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนัก 75% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต และป้องกันภาวะน้ำตาลในเลือดสูง

Wang (2009) เปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสและเครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมของกลูโคส ในการวิ่งมาราธอน กลุ่มตัวอย่าง เพศชาย 12 คน เพศหญิง 3 คน กลุ่มที่ 1 ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ปริมาณ 1 กรัม/น้ำหนักตัวกิโลกรัม ในน้ำ 250 มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 2 เครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมของกลูโคสก่อนการออกกำลังกาย โดยวิ่งบนลู่วิ่งในระยะมาราธอน (42.159 กิโลเมตร) หรือกว่าจะหมดแรง เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวัดปริมาณน้ำตาลในเลือด (blood glucose) และไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ก่อนการออกกำลังกายและนาทีที่ 30, 60 และ 150 ผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส วิ่งได้ระยะทางมากกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญ ระดับน้ำตาลในเลือดกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ในนาทีที่ 30 อยู่ที่ 5.14 mmol /L กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่ไม่มีส่วนผสมของกลูโคส อยู่ที่ 4.54 mmol /L และไตรกลีเซอไรด์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญในช่วงก่อนการออกกำลังกาย สรุปผลการทดลอง การบริโภคคาร์โบไฮเดรตก่อนการออกกำลังกายเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกาย กระตุ้นให้ปล่อยไขมันอิสระและใช้เป็นพลังงานในภายหลัง

Lee และคณะ (Lee et al., 2008) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิของเครื่องดื่มที่มีต่อการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วที่จุดเริ่มล้า (first ventilatory threshold; VT_1) กลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 8 คน ดื่มเครื่องดื่ม 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่มเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเครื่องดื่มอุ่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณ 900 มิลลิลิตร มีส่วนผสมของสารอิเล็กโทรไลต์และคาร์โบไฮเดรต แบ่งการดื่มออกเป็น 3 ครั้ง ครั้งละ 300 มิลลิลิตร ดื่มก่อนออกกำลังกายและขณะออกกำลังกาย 100 มิลลิลิตร ทุก 10 นาที และออกกำลังกายที่อุณหภูมิ 25.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 % ผลการศึกษาพบว่า การดื่มเครื่องดื่มเย็น 4 องศาเซลเซียสเทียบกับการดื่มเครื่องดื่มอุ่น 37 องศาเซลเซียสหลังการออกกำลังกาย 20 นาที มีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ การรับรู้ความร้อนจากการออกกำลังกายต่ำกว่า และทำให้เวลาในการกำลังกายมากกว่าเครื่องดื่มอุ่น 37 องศาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<.01$

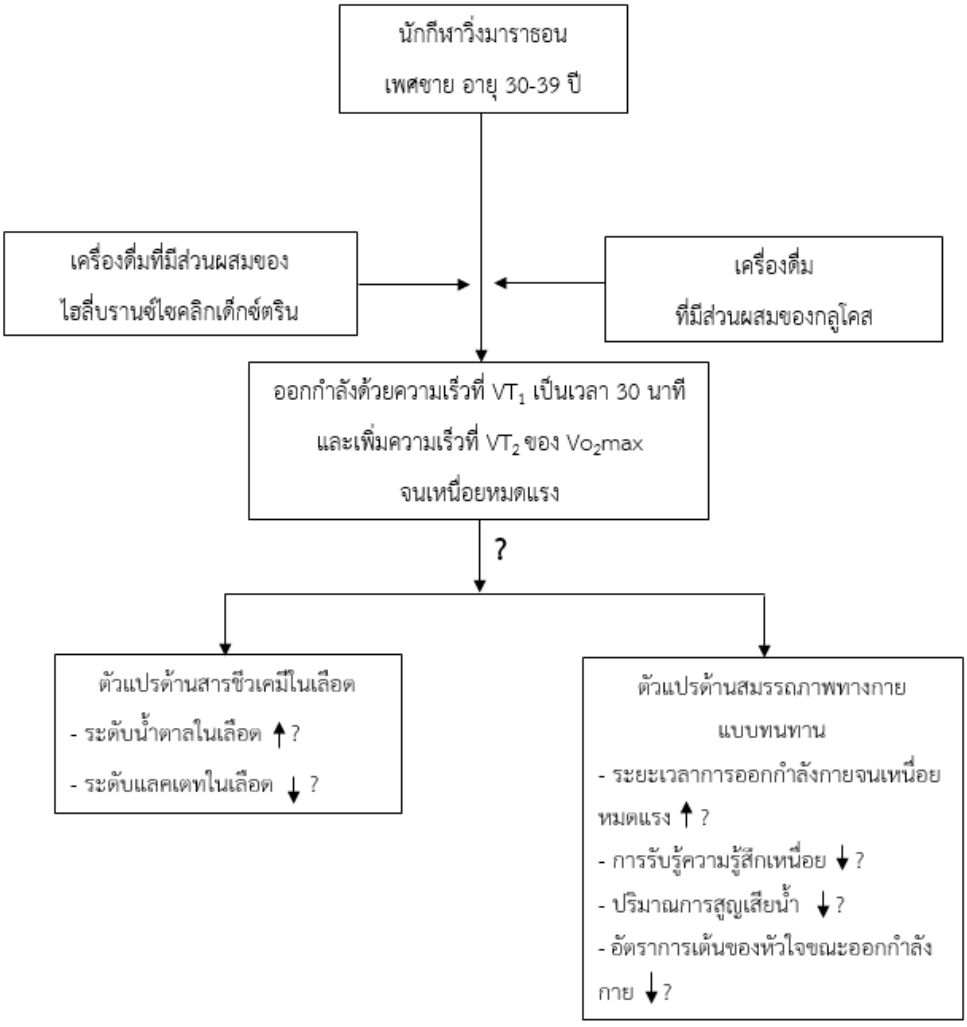
Kilding และคณะ (Kilding et al., 2006) ศึกษาความแตกต่างทางสรีรวิทยาของนักกีฬาวิ่งระยะกลางและนักวิ่งระยะไกล กลุ่มตัวอย่าง นักวิ่งระยะกลาง เพศชาย 16 คนและนักวิ่งระยะไกล เพศชาย 16 คน ทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Vo_2max) และจุดเริ่มล้า (ventilatory thresholds; VT) เพื่อนำมากำหนดความหนักในการทดสอบ โดยทดสอบที่ความเร็ว 80% ของจุดเริ่มล้า (ventilatory thresholds; VT) เป็นเวลา 36 นาที ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่าง สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Vo_2max) และจุดเริ่มล้า (ventilatory thresholds; VT)

ผลการวิจัยพบว่าเวลาในการออกกำลังกายคงที่ในนักวิ่งระยะไกล (12.3 ± 0.5 s) น้อยกว่านักวิ่งระยะกลาง (16.4 ± 1.0 s, p = 0.002) อย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณของการฝึกมีมากกว่าในนักวิ่งระยะไกล (66.6 ± 3.5 km · wk $^{-1}$) มากกว่านักวิ่งระยะกลาง (43.5 ± 3.9 km · wk $^{-1}$, p <0.001) และอัตราการเต้นของหัวใจในนักวิ่งระยะไกล (135 ± 3 b/min $^{-1}$) มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่านักวิ่งระยะกลาง (142 ± 3 b/min $^{-1}$) ผลรวมแสดงให้เห็นว่านักวิ่งระยะกลางและระยะไกล มีความแตกต่างบนพื้นฐานของจลนพลศาสตร์ เป็นผลมาจากปริมาณการฝึกที่มากกว่าของนักวิ่งระยะไกล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ ศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย ที่มีอายุระหว่าง 30-39 ปี โดยเปรียบเทียบผลของ การดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคส มีตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ ตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) ระดับแลคแตทในเลือด (Blood lactate) ตัวแปรด้านความสามารถในการออกกำลังกาย ได้แก่ ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion) การสูญเสียน้ำ (fluid loss) และอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) ขณะออกกำลังกาย ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) แบบไขว้ (crossover design) และปกปิดสองทาง (double-blind study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย อีกทั้งเพื่อเปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินกับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย เครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิดเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและมีลักษณะเป็นผงละลายน้ำเหมือนกัน ทั้งนี้จะมีลักษณะทางกายภาพที่เหมือนกัน ได้แก่ สี กลิ่น และรสที่คล้ายคลึงกัน ให้พลังงานใกล้เคียงกัน โดยเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินในปริมาณ 15 กรัม ให้พลังงาน 58 แคลอรี และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสในปริมาณ 15 กรัมให้พลังงาน 60 แคลอรี ซึ่งประกอบด้วยวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

กลุ่มตัวอย่างและวิธีคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากร คือ นักกีฬาวิ่งมาราธอน เพศชาย ที่มีอายุอยู่ในช่วง 30-39 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาวิ่งมาราธอน เพศชาย ที่มีอายุตั้งแต่ 30-39 ปี การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (sample random sampling) ด้วยการจับฉลาก กำหนดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจ ในงานวิจัยของ ณธีรา เฮงเจริญ (2555) ซึ่งมีการกำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (effect size) ที่ 1.04 และค่าอำนาจการทดสอบ (power of test) ที่ .80 คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยโปรแกรม จีสตาร์พาวเวอร์ (G*Power) เวอร์ชั่น 3.1.9.2 โดยได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น 20 % เป็นจำนวน 16 คน (ภาคผนวก ก)

เพื่อป้องกันกลุ่มตัวอย่างที่ถูกคัดออก อย่างไรก็ตามในระหว่างการทดลองมีผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ขอถอนตัวจากการวิจัย จำนวน 3 คน เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ครบทั้ง 3 ครั้ง ดังนั้นจึงเหลือกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 13 คน และการทำงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบบไขว้ (crossover design) และปกปิดสองทาง (double-blind study) ซึ่งผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่ทราบชนิดของเครื่องดื่มที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง ผู้ช่วยวิจัยจะเป็นผู้สุ่มลำดับการได้รับเครื่องดื่มด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (sample random sampling) ด้วยวิธีการจับฉลาก กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะได้รับเครื่องดื่ม 2 ชนิด (ครั้งละ 1 ชนิด) ก่อนการทดลองออกกำลังกายโดย ได้แก่ เครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคส ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (inclusion criteria)

1. นักกีฬาวิ่งมาราธอน เพศชาย ที่มีอายุในช่วง 30 – 39 ปี มีการซ้อมสัปดาห์ละ 3-5 วัน ระยะรวม 50-80 กิโลเมตร/สัปดาห์

2. มีประสบการณ์การแข่งขันวิ่งมาราธอน 1-5 ปี

3. ไม่มีการเข้าร่วมการแข่งขันรายการการวิ่งมาราธอน ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ก่อนการเข้าร่วมการวิจัย

4. มีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรค หรืออาการที่ทำให้ไม่พร้อมที่จะออกกำลังกายโดยประเมินแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (physical activity readiness questionnaire; PAR - Q) (ภาคผนวก ข)

5. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีการแพ้มอลโทเด็กซ์ตริน (maltodextrin) ได้แก่ อาการท้องร่วง และไม่เคยมีอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหารรวมถึงอาการท้องผูก และอาการลำไส้แปรปรวน (gastrointestinal discomfort) โดยการสอบถามประวัติการแพ้จากผู้เข้าร่วมวิจัย

6. ไม่เป็นโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง หรือมีการบาดเจ็บต่างๆ ที่ขัดขวางการวิ่ง เป็นต้น

7. ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สูบบุหรี่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. ไม่รับประทานอาหารเสริมอื่น ๆ โดยเฉพาะอาหารเสริมที่มีคาร์โบไฮเดรต เครื่องดื่มให้พลังงาน (energy drink) เจลให้พลังงาน วิตามิน คอลลาเจน เวย์โปรตีน หรืออาหารเสริมทุกชนิดที่เพิ่มสมรรถนะทางกาย ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ (Almoosawi et al., 2012) ก่อนการเข้าร่วมการวิจัย

9. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ขาดการเข้าร่วมการวิจัย โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยมาเข้ารับการทดสอบไม่ครบตามวันที่ผู้วิจัยกำหนด

3. รับประทานอาหารเสริมอื่นๆ ในระหว่างการวิจัย ได้แก่ อาหารเสริมที่มีคาร์โบไฮเดรต, เครื่องดื่มให้พลังงาน, เจลให้พลังงาน, คอลลาเจนและเวย์โปรตีน

วิธีการได้มาและการเข้าถึงผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยประชาสัมพันธ์โดยการติดป้ายประชาสัมพันธ์ ณ กรมพลศึกษา และประชาสัมพันธ์ผ่านเพจเฟซบุ๊ก 42.195 K Club เพื่อรับสมัครนักกีฬาวิ่งมาราธอนชายที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จากนั้นทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเข้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและการจัดการกับความเสี่ยง

ผู้วิจัยจะแนะนำตัวแก่ผู้ร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของงานวิจัยกระบวนการขั้นตอนการวิจัยและชี้แจงให้ทราบว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถตอบรับหรือปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะโดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ และไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย ข้อมูลทุกอย่างจะถูกเก็บเป็นความลับและนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะขอให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยลงชื่อในใบยินยอมเข้ารับการวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้ควบคุมการทดลองด้วยตนเองและดำเนินการทดลองในห้องที่เป็นสัดส่วน โดยดำเนินการเป็นรายบุคคล หากผู้เข้าร่วมการวิจัยเกิดอาการบาดเจ็บผู้วิจัยจะหยุดการทดลองทันทีและสังเกตอาการพร้อมนำส่งโรงพยาบาลทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยรวมทั้งภาพการเคลื่อนไหวทั้งหมดจะถูกทำลายทันที

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

<u>เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง</u>

1. หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
2. แบบสอบถามประวัติทั่วไปก่อนออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไป) (PAR-Q)
3. แบบประเมินการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด
4. แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลขณะออกกำลังกาย

<u>เครื่องมือทดสอบสมรรถภาพทางกาย</u>

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tanita รุ่น UM-051 ขนาด 150 กก. ประเทศไทย
2. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (breath by breath Cardiopumonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เทกซ์ (cortex) รุ่นเมทาแม็ก ทรีบี (metamax® 3B) ประเทศเยอรมัน
3. ลู่กล (treadmill) ยี่ห้อ เอชพีคอสมอส (H/P/cosmos) รุ่น Pluto® med ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. เครื่องวิเคราะห์แลคเตท Lactate Analyzer ยี่ห้อ Lactate Scout ประเทศสหรัฐอเมริกา
5. เครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa ประเทศสหรัฐอเมริกา
6. เข็มเจาะเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Safe-T-Pro Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา
7. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar H10 Heart Rate Sensor ประเทศสหรัฐอเมริกา
8. แอลกอฮอล์ และสำลี สำหรับทำความสะอาดนิ้วก่อนเจาะเลือด
9. แบบประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion)
10. น้ำยาทำความสะอาดหน้ากากวิเคราะห์แก๊สและอุปกรณ์ในการทดลอง (Umonium38) ประเทศเบลเยียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมการก่อนการทดลอง

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งมาราธอน และผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินกับการออกกำลังกาย
2. สร้างแผนกำหนดการเก็บข้อมูล หรือ Protocol ในการวิจัย
3. ทำการศึกษานำร่องก่อนการวิจัย (pilot study) ทดลองรูปแบบกำหนดการเก็บข้อมูลและทดสอบวิธีการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรต่างๆ กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3-5 คนที่มีคุณสมบัติ

ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะดำเนินการวิจัย เพื่อทดสอบรูปแบบการเก็บข้อมูลและปรับให้มีความเหมาะสมในการดำเนินงานวิจัย

4. นำรูปแบบการทดสอบสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชายในการทดลองการดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา 3 ท่าน และผู้ฝึกสอนนักกีฬาวิ่งมาราธอน 1 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (index of item – objective congruence; IOC)

5. นำรูปแบบการทดลองการดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย เสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในคน เพื่อขออนุมัติการดำเนินการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

6. ดำเนินการติดต่อทำหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่าง และทำหนังสือขอยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

7. ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า รับทราบรายละเอียดวิธีปฏิบัติในการทดสอบและการเก็บข้อมูล รวมทั้งลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย โดยผู้วิจัยจัดเตรียมสถานที่ทำการอบรมให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการทดสอบและการเตรียมตัวก่อนการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

8. จดบันทึกพฤติกรรมการรับประทานอาหารและกิจกรรมทางกายของกลุ่มตัวอย่าง 3 วันก่อนการทดลอง และแนะนำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย ปฏิบัติตัวโดยมีพฤติกรรมการรับประทานอาหารและกิจกรรมทางกายใกล้เคียงกันในวันก่อนการทดลองดื่มเครื่องดื่ม ทั้ง 2 ครั้ง

9. ผู้เข้าร่วมวิจัยงดอาหาร 8 ชั่วโมงก่อนการทดลอง เพื่อป้องกันผลของระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินจริง สามารถดื่มน้ำเปล่าได้ และการทดลองทั้ง 2 ครั้ง จะทำการทดลองในช่วงเวลาเดียวกัน

ตอนที่ 2 การเก็บข้อมูลการทดลอง

ดำเนินการเก็บข้อมูล โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1. เก็บข้อมูลพื้นฐาน โดยวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (body composition) ได้แก่ ชั่งน้ำหนักตัว (body weight) และวัดส่วนสูง (height) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดรองเท้าและถุงเท้า โดยขณะทำการชั่งน้ำหนักให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง โดยชั่งน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัม (kilogram; kg.) และส่วนสูงหน่วยเป็นเซนติเมตร (centimeter; cm.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ก่อนการทดสอบ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยได้ทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ โดยให้ลองสวมหน้ากากวิเคราะห์แก๊สตามขนาดที่เหมาะสม และทดสอบการเดินบนลู่วิ่ง ในความเร็ว 3 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 3 นาที

3. ทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal oxygen consumption; VO_2max) โดยวิธีของแรมป์ (ramp protocol) ซึ่งจากการทดสอบจะได้ค่าของจุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) และจุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) เพื่อกำหนดความหนักในการทดสอบ โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งบนลู่กล (treadmill) โดยให้มีการอบอุ่นร่างกายความเร็วที่ 3 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นจึงเพิ่มความเร็ว 6 กิโลเมตร/ชั่วโมง ใน 3 นาทีแรก และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทุกๆ 1 นาที ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินหรือวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion) ทั้งนี้ผู้วิจัยสังเกตผู้วิจัยสังเกตเหนื่อยหมดแรงจากตัวแปร ดังนี้

- อัตราส่วนระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไป (respiratory exchange ratio; RER) มีค่ามากกว่า 1.1 (นรีรัตน์ บุตรบุญปั้น, 2555)

- สอบถามระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยที่อยู่ในระดับ 10 (เหนื่อยที่สุด) ควรให้หยุดออกกำลังกาย (Chamari et al., 2003) และคลายอุ่น 3 นาที

4. เก็บข้อมูลผลของการดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน โดยผู้วิจัยสุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยในการทดสอบด้วยวิธีการจับฉลาก และนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารเป็นผู้เตรียมเครื่องดื่มที่ใช้ในการทดลองดังนี้

การเตรียมเครื่องดื่มกลูโคส ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และผสมในน้ำเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสปริมาณ 500 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องปั่นเพื่อลดปัญหาการไม่ละลายของผงดื่ม และบรรจุใส่บรรจุภัณฑ์ (ขวดน้ำ) เพื่อเตรียมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยดื่มก่อนการออกกำลังกาย 30 นาที

การเตรียมเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน ชั่งผงดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และผสมในน้ำเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสปริมาณ 500 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องปั่นเพื่อลดปัญหาการไม่ละลายของผงดื่มทั้งสองชนิด และบรรจุใส่บรรจุภัณฑ์ (ขวดน้ำ) เพื่อเตรียมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยดื่มก่อนการออกกำลังกาย 30 นาที

ทั้งนี้ ในการเตรียมเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน จะต้องมีการปรับรสชาติ (ความหวาน) ให้เหมือนกับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถรับรู้ความแตกต่างระหว่างเครื่องดื่มทั้งสองชนิดได้ และเนื่องจากไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินเป็นสารที่ไม่มีรสชาติ ไม่มีความหวาน ดังนั้นในการเตรียมเครื่องดื่ม ฯ จึงต้องใช้สารให้ความหวาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทดแทนที่สามารถให้รสสัมผัสได้ใกล้เคียงกับกลูโคสที่สุด คือ หญ้าหวานหรือสตีวิโอไซด์ (stevioside) การปรับรสชาติทำได้โดยการเทียบค่าความหวาน (relative sweetness) ของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสและสารให้ความหวานมาตรฐาน (ซูโครส) ซึ่งมีค่าความหวานเท่ากับ 1 (Rippe, 2014) หลังจากนั้น จึงนำไปคำนวณหาปริมาณหญ้าหวานที่ต้องใช้ผสมในเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินเพื่อให้ได้ความหวานเทียบเท่ากับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

5. นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารกำหนดรหัสเครื่องดื่มและติดรหัสไว้ข้างบรรจุภัณฑ์แต่ละขวด และมอบให้ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยนำไปใช้ในการทดสอบ และทำการทดลองและเก็บข้อมูล ลำดับขั้นตอนดังนี้

5.1 ผู้เข้าร่วมการวิจัยวัดการสูญเสียน้ำ (fluid loss) โดยการสูญเสียน้ำหาได้จากผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเพศชายจำนวน 1 คนจะเป็นผู้ชั่งน้ำหนักผู้เข้าร่วมการวิจัย การชั่งน้ำหนักแต่ละครั้งจะทำในห้องมิดชิดที่จัดเตรียมไว้ให้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดเสื้อผ้าทุกชิ้นและสวมกางเกงขาสั้นลำลอง ทั้งนี้ ผู้ช่วยผู้วิจัยจะชั่งน้ำหนักกางเกงขาสั้นลำลองของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนดำเนินการชั่งน้ำหนัก จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกผล ผู้วิจัยนำน้ำหนักของผู้เข้าร่วมการวิจัยมาหาผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ และหักน้ำหนักกางเกงขาสั้นลำลองออก จะทำให้ได้ปริมาณการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ

5.2 ผู้เข้าร่วมการวิจัย ตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด, ประเมินระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย และอัตราการเต้นของหัวใจก่อนการดื่มเครื่องดื่มที่กำหนดให้

5.3 ผู้วิจัยเป็นผู้เตรียมเครื่องดื่มด้วยตนเอง ได้แก่ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคส

5.4 ผู้วิจัยทำการสุ่มลำดับการได้รับเครื่องดื่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับฉลาก ผู้เข้าร่วมการวิจัยดื่มเครื่องดื่มที่ผ่านการสุ่มลำดับก่อนการออกกำลังกาย 30 นาที และต้องดื่มเครื่องดื่มที่ได้รับให้หมดภายใน 5 นาที และเว้นระยะห่างของการทดสอบการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิด เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (Almoosawi et al., 2012)

5.5 ผู้เข้าร่วมการวิจัย วัดระดับน้ำตาลในเลือด, ระดับกรดแลคติกในเลือด, ประเมินระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย และอัตราการเต้นของหัวใจก่อนการออกกำลังกาย

5.6 ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งที่ความเร็ว 4 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 3 นาที และทดสอบการวิ่งบนลู่วิ่งในห้องอุณหภูมิ 25.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากนั้นออกกำลังกายด้วยความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) เป็นเวลา 30 นาที และเพิ่มความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion)

ความเร็วของจุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) กำหนดได้จาก

- อัตราส่วนของจุดที่ปริมาตรลมหายใจออก (V_E) ต่อปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้น (VO_2) อยู่ในระดับต่ำสุดของการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

- อัตราส่วนของจุดที่ปริมาตรลมหายใจออก (V_E) ต่อปริมาตรออกซิเจนที่ถูกสร้างขึ้น (VCO_2) อยู่ในระดับจุดที่เริ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

- ความดันของออกซิเจนขณะที่หายใจออกสุด ($P_{ET}O_2$) อยู่ในระดับต่ำสุดของการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยกำหนดความเร็วเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง (km/h)

ความเร็วของจุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) กำหนดได้จากจุดที่ความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ขณะที่หายใจออกสุด ($P_{ET}CO_2$) อยู่ในจุดเปลี่ยนจากระดับสูงสุดและกำลังจะลดระดับลงของการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Pallarés et al., 2016) โดยกำหนดความเร็วเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง (km/h)

5.7 ผู้ช่วยผู้วิจัยซึ่งเป็นนักเทคนิคการแพทย์ วัดระดับน้ำตาลในเลือด, ระดับกรดแลคติกในเลือด, ประเมินระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย และอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการออกกำลังกาย ในนาทีที่ 30 และหลังการทดสอบทันทีให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัย

5.8 ผู้เข้าร่วมการวิจัยวัดการสูญเสียน้ำ (fluid loss) โดยการสูญเสียน้ำหาได้จากผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเพศชายจำนวน 1 คนจะเป็นผู้ชั่งน้ำหนักผู้เข้าร่วมการวิจัย การชั่งน้ำหนักแต่ละครั้งจะทำในห้องมิดชิดที่จัดเตรียมไว้ให้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดเสื้อผ้าทุกชิ้นและสวมกางเกงขาสั้นลำลอง ทั้งนี้ ผู้ช่วยผู้วิจัยจะชั่งน้ำหนักกางเกงขาสั้นลำลองของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนดำเนินการชั่งน้ำหนัก จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกผลผู้วิจัยนำน้ำหนักของผู้เข้าร่วมการวิจัยมาหาผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ และหักน้ำหนักกางเกงขาสั้นลำลองออก จะทำให้ได้ปริมาณการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ

5.9 ผู้เข้าร่วมการวิจัยคลายอุ่นร่างกายหลังการทดสอบ

6. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีผู้ช่วยผู้วิจัย จำนวน 2 คน ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- นักเทคนิคการแพทย์ จำนวน 1 คน ทำหน้าที่เจาะเลือดผู้เข้าร่วมการวิจัยและวิเคราะห์ระดับน้ำตาลและระดับแลคเตทในเลือด

- นิสิตระดับมหาบัณฑิต แขนงเสริมสร้างสมรรถนะทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 1 คน ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลขณะทดสอบ

- นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จำนวน 1 คน ทำหน้าที่เตรียมเครื่องดื่มและสุ่มเครื่องดื่มในการทดสอบ

วิธีการเก็บข้อมูล มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (body composition) ได้แก่ ชั่งน้ำหนักตัว (body weight) และวัดส่วนสูง (height) ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 ชั้น 1 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดรองเท้าและถุงเท้า โดยขณะทำการชั่งน้ำหนักให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง โดยชั่งน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัม (kilogram; kg.) และส่วนสูงหน่วยเป็นเซนติเมตร (C\centimeter; cm.) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทดลอง

2. ทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal oxygen consumption; VO_2max) โดยวิธีของแรมป์ (ramp protocol) ซึ่งจากการทดสอบจะได้ค่าของจุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) และจุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) เพื่อกำหนดความหนักในการทดสอบ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (cardiopulmonary gas exchange system) และให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งบนลู่กล (treadmill) ให้มีการอบอุ่นร่างกายความเร็วที่ 3 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นจึงเพิ่มความเร็ว 6 กิโลเมตร/ชั่วโมง ใน 3 นาทีแรก และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทุกๆ 1 นาที ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินหรือวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion) และคลายอุ่น 3 นาที ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินหรือวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion) ผู้วิจัยสังเกตเหนื่อยหมดแรงจากตัวแปร ดังนี้

- อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ร่วมการวิจัยในระดับอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด 10 ครั้ง/นาที (Lee et al., 2008)

- อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (respiratory exchange ratio; RER) มีค่ามากกว่า 1.1

- สอบถามระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยที่อยู่ในระดับ 10 (เหนื่อยที่สุด) ควรให้หยุดออกกำลังกาย (Chamari et al., 2003) และคลายอุ่น 3 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีเจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญและผ่านการอบรมการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดูแลอย่างใกล้ชิดระหว่างการทดสอบ และหน้ากากวิเคราะห์แก๊สรวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ ใช้น้ำยาล้างหน้ากาก ยี่ห้อ Umonium38 ซึ่งมีคุณสมบัติทำลายเชื้อกลุ่มโคโรน่าไวรัสได้ และมีการพ่นและเช็ดเครื่องมือต่าง ๆ ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อทั้งก่อนและหลังการทดลอง จะทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 ชั้น 1 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้ระยะเวลา 1 สัปดาห์ ดังตารางที่ 3

3. ทดสอบตัวแปรทั้งหมด 4 ครั้ง แบ่งเป็นก่อนการดื่มเครื่องดื่ม, ก่อนการออกกำลังกาย, ระหว่างการออกกำลังกายในนาทีที่ 30 และหลังออกกำลังกายทันที ดังต่อไปนี้

3.1 ตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด (blood glucose) ก่อนการดื่มเครื่องดื่มที่กำหนดให้ เจาะเลือดโดยผู้ช่วยผู้วิจัยซึ่งเป็นนักเทคนิคการแพทย์ โดยเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้วชี้หรือนิ้วนางของมือข้างใดข้างหนึ่ง โดยการใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดบริเวณปลายนิ้วที่จะทำการเจาะเลือด เจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้วเช็ดเลือดหยดแรกออก และหยดเลือดหยดที่ 2 ลงบนแถบตรวจ ปริมาณ 1 หยด และนำเข้าเครื่องตรวจ ปริมาณน้ำตาลในเลือดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/เดซิลิตร (mg/dl) วิเคราะห์ความเข้มข้นของระดับน้ำตาลในเลือด โดยใช้เครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa

3.2 ตรวจปริมาณกรดแลคติกในเลือด (blood lactate) ก่อนการดื่มเครื่องดื่มที่กำหนดให้ โดยหยดเลือดหยดที่ 3 จากการเจาะเลือดตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด ลงบนแถบตรวจ ปริมาณ 1 หยด และนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ ปริมาณกรดแลคติกในเลือดมีหน่วยเป็นมิลลิโมล/ลิตร (mmole/l) วิเคราะห์ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด โดยใช้ Lactate Analyzer ยี่ห้อ Lactate Scout

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 วัดอัตราการเต้นของหัวใจก่อนการดื่มเครื่องดื่มที่กำหนดให้ ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้อ Polar H10 Heart Rate Sensor โดยอัตราการเต้นของหัวใจใช้หน่วยเป็นครั้ง/นาที (beats/min; bpm)

3.4 ประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion) ก่อนการดื่มเครื่องดื่มที่กำหนดให้ โดยใช้แบบประเมินที่เรียกว่า Borg's Rating of Perceived Exertion (0-10) ก่อนการดื่มเครื่องดื่มที่กำหนดให้

4. ผู้วิจัยสุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยในการทดสอบด้วยวิธีการจับฉลาก และนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารเป็นผู้เตรียมเครื่องดื่มที่ใช้ในการทดลอง โดยเตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนการเริ่มทดลอง 1 ชั่วโมง โดยใช้น้ำหนักตัวที่ต้องคำนวณปริมาณผงดื่ม โดยเอาน้ำหนักจากการชั่ง

น้ำหนักในวันที่วิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (body composition) โดยทั้งผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่ทราบชนิดของเครื่องดื่มที่สุ่มให้เลือกในการทดสอบเพื่อป้องการผลของการเรียนรู้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยดื่มเครื่องดื่มที่ผ่านการสุ่มลำดับก่อนการออกกำลังกาย 30 นาที และต้องดื่มเครื่องดื่มที่ได้รับให้หมดภายใน 5 นาที เนื่องจากเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินและกลูโคส ใช้เวลาในการดูดซึม 26.7 นาทีและ 39.9 นาที จึงสรุปรวมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 30 นาที ให้สารทั้งสองผ่านการย่อยและดูดซึมจนหมดก่อนเริ่มการทดลองและเว้นระยะห่างของการทดสอบการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิด เป็นเวลา 2 สัปดาห์

4.1 ผู้เข้าร่วมการวิจัยวัดการสูญเสียน้ำ (fluid loss) ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tanita รุ่น UM-051 ขนาด 150 กก. ก่อนการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเพศชายจำนวน 1 คนจะเป็นผู้ชั่งน้ำหนักผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยสวมเสื้อและสวมกางเกงขาสั้นลำลอง โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้เตรียมมา ทั้งนี้ ผู้ช่วยผู้วิจัยจะชั่งน้ำหนักเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลองของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนดำเนินการชั่งน้ำหนัก จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยชั่งน้ำหนักก่อนการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกผล

4.2 ตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด (blood glucose) ก่อนการออกกำลังกายโดยเจาะเลือดโดยผู้ช่วยผู้วิจัยซึ่งเป็นนักเทคนิคการแพทย์ โดยเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้วชี้หรือนิ้วนางของมือข้างใดข้างหนึ่ง โดยการใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดบริเวณปลายนิ้วที่จะทำการเจาะเลือด เจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว เช็ดเลือดหยดแรกออก และหยดเลือดหยดที่ 2 ลงบนแถบตรวจ ปริมาณ 1 หยด และนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ ปริมาณน้ำตาลในเลือดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/เดซิลิตร (mg/dl) วิเคราะห์ความเข้มข้นของระดับน้ำตาลในเลือด โดยใช้เครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ตรวจปริมาณกรดแลคติกในเลือด (blood lactate) ก่อนการออกกำลังกายโดยหยดเลือดหยดที่ 3 จากการเจาะเลือดตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด ลงบนแถบตรวจ ปริมาณ 1 หยด และนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ ปริมาณกรดแลคติกในเลือดมีหน่วยเป็นมิลลิโมล/ลิตร (mmole/l) วิเคราะห์ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด โดยใช้ Lactate Analyzer ยี่ห้อ Lactate Scout

4.4 วัดอัตราการเต้นของหัวใจก่อนการออกกำลังกาย ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar H10 Heart Rate Sensor โดยอัตราการเต้นของหัวใจใช้หน่วยเป็นครั้ง/นาที (Beat/min; bpm)

4.5 ประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion) ก่อนการออกกำลังกาย โดยใช้แบบประเมินที่เรียกว่า Borg's Rating of Perceived Exertion (0-10) ก่อนการออกกำลังกาย

5. อบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งที่ความเร็ว 4 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 3 นาที และออกกำลังกายโดยการวิ่งบนลู่ (treadmill) ในห้องอุณหภูมิ 25.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 % ด้วยความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) เป็นเวลา 30 นาที และเพิ่มความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion) ระหว่างการออกกำลังกาย และทดสอบตัวแปร ได้แก่

5.1 ตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด (blood glucose) ระหว่างการออกกำลังกายในนาทีที่ 30 และหลังการออกกำลังกายทันที เจาะเลือดโดยผู้ช่วยผู้วิจัยซึ่งเป็นนักเทคนิคการแพทย์ โดยเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้วชี้หรือนิ้วนางของมือข้างใดข้างหนึ่ง โดยการใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดบริเวณปลายนิ้วที่จะทำการเจาะเลือด เจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว เช็ดเลือดหยดแรกออก และหยดเลือดหยดที่ 2 ลงบนแถบตรวจ ปริมาณ 1 หยด และนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ ปริมาณน้ำตาลในเลือดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/เดซิลิตร (mg/dl) วิเคราะห์ความเข้มข้นของระดับน้ำตาลในเลือด โดยใช้เครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa

5.2 ตรวจปริมาณกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) ระหว่างการออกกำลังกายในนาทีที่ 30 และหลังการออกกำลังกายทันที โดยหยดเลือดหยดที่ 3 จากการเจาะเลือดตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด ลงบนแถบตรวจ ปริมาณ 1 หยด และนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ ปริมาณกรดแลคติกในเลือดมีหน่วยเป็นมิลลิโมล/ลิตร (mmole/l) วิเคราะห์ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด โดยใช้ Lactate Analyzer ยี่ห้อ Lactate Scout

5.3 วัดอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการออกกำลังกายในนาทีที่ 30 และหลังการ ออกกำลังกายทันที ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้อ Polar H10 Heart Rate Sensor โดยอัตราการเต้นของหัวใจใช้หน่วยเป็นครั้ง/นาที (beat/min; bpm)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.4 ประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion) ระหว่างการออกกำลังกายในนาทีที่ 30 และหลังการออกกำลังกายทันที โดยใช้แบบประเมินที่เรียกว่า Borg's Rating of Perceived Exertion (0-10) ก่อนการดื่มเครื่องดื่มที่กำหนดให้

6. ผู้เข้าร่วมการวิจัยวัดการสูญเสียน้ำ (fluid loss) ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tanita รุ่น UM-051 ขนาด 150 กก. หลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเพศชายจำนวน 1 คนจะเป็นผู้ชั่งน้ำหนักผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยสวมเสื้อและสวมกางเกงขาสั้นลำลอง โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้เตรียมมา ทั้งนี้ ผู้ช่วยผู้วิจัยจะชั่งน้ำหนักเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลองของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนดำเนินการชั่งน้ำหนัก จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกผล

ผู้วิจัยนำน้ำหนักของผู้เข้าร่วมการวิจัยมาหาผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ และหักน้ำหนักเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลองออก จะทำให้ได้ปริมาณการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ

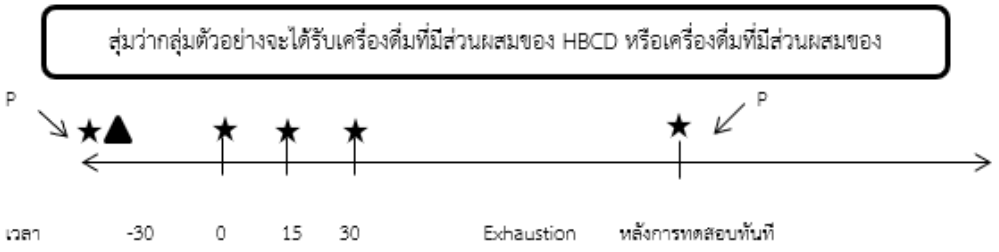
7. คลายอุ่นร่างกายหลังออกกำลังกายและให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยดื่มน้ำปริมาณ 600 มิลลิลิตร โดยดื่มทีละน้อยเพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไประหว่างการทดสอบ (American dietetic association, dietitians of Canada, and The American college of sports medicine; ACSM, 2009) และแนะนำให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทานอาหารมื้อปกติที่มีคาร์โบไฮเดรตในปริมาณ 1.0–1.2 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ร่วมกับโปรตีน ในปริมาณ 0.3–0.4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ภายใน 2 ชั่วโมงหลังจากการทดสอบเพื่อฟื้นสภาพของร่างกาย (Costa, et al, 2019) ดังรูปที่ 8

การทดสอบตัวแปร จะทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 ชั้น 1 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้ระยะเวลา 7 สัปดาห์ ดังตารางที่ 3 และมีผู้ช่วยผู้วิจัยซึ่งเป็นนักเทคนิคการแพทย์ ทำหน้าที่ในการเก็บตัวอย่างเลือด ในการเจาะเลือด ผู้ช่วยผู้วิจัยจะเจาะเลือดบริเวณนิ้วชี้และนิ้วนางสลับกัน รวมทั้งหลีกเลี่ยงการเจาะบริเวณเดิมหรือให้ห่างจากบริเวณเดิมมากที่สุด และหลังจากการทดสอบผู้ช่วยผู้วิจัยที่จะปฐมพยาบาลเบื้องต้นโดยการประคบเย็น และผู้วิจัยจะติดตามอาการและแนะนำให้ประคบร้อนหลัง 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับทราบสมรรถภาพในการวิ่ง รวมทั้งมีการให้คำแนะนำการพัฒนาสมรรถภาพให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจึงได้ประโยชน์จากการเข้าร่วมการวิจัยทั้งสองครั้ง

8. เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเขียนรายงานผลการวิจัย

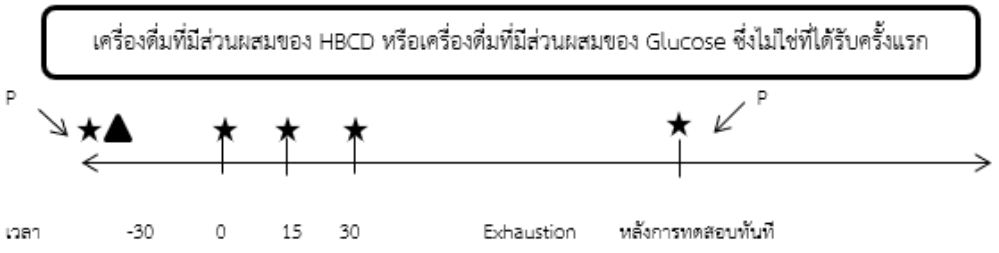
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและปกปิดสองทาง (Double-blind study)



ระหว่างพัก----ออกกำลังกายด้วยความเร็วที่ VT_1 (30นาที) และ VT_2 (จนเหนื่อยหมดแรง) ------หลังออกกำลังกาย

เว้นระยะห่างการทดสอบ 2 สัปดาห์ (Wash out)



ระหว่างพัก----ออกกำลังกายด้วยความเร็วที่ VT_1 (30นาที) และ VT_2 (จนเหนื่อยหมดแรง) ------หลังออกกำลังกาย

P = ชั่งน้ำหนัก

▲ = การดื่มเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิด

★ = วัดอัตราการเต้นของหัวใจ, เจาะเลือดวัดระดับน้ำตาลในเลือด,
วัดระดับแลคเตทในเลือดและวัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย

รูปที่ 8 ขั้นตอนการทดลอง

ตารางที่ 3 แผนการดำเนินการเก็บข้อมูล

สัปดาห์	เครื่องดื่ม	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
1	ทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด			
2	สุ่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคสหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน	คนที่ 1-4	คนที่ 5-8	คนที่ 9-12
3		คนที่ 13-16		
พัก 2 สัปดาห์โดยไม่มีการแข่งขัน (สัปดาห์ที่ 4-5)				
6	สุ่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีส่วนผสมของกลูโคสหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน	คนที่ 1-4	คนที่ 5-8	คนที่ 9-12
7		คนที่ 13-16		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

14.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (statistic package for the social science หรือ SPSS version 22) เพื่อหาค่าทางสถิติดังนี้

1. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของตัวแปรทางสรีรวิทยาพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ น้ำหนักตัว อายุ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) อัตราการเต้นหัวใจสูงสูง (max heart rate) จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) และจุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) ประสบการณ์ในการแข่งขัน และสถิติในการแข่งขัน

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางชนิดวัดซ้ำ (Two-Way Repeated measures ANOVA) หากพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ด้วยวิธีบอนเฟอร์โรนี (bonferroni)

ตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด

- ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose)
- ระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate)

ตัวแปรด้านความสามารถด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน

- อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate)
- การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรระหว่างกลุ่ม ของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส โดยทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางของสองประชากรที่มีการกระจายแบบปกติแต่ไม่อิสระต่อกัน (Paired simples t-test) ได้แก่

ตัวแปรด้านความสามารถด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน

- ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss)
- ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion)

4. กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) แบบไขว้ (crossover design) และปกปิดสองทาง (double-blind study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผลของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD) ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย อีกทั้งเพื่อเปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD กับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาวิ่งมาราธอน เพศชาย อายุระหว่าง 30-39 ปี จำนวน 13 คน ก่อนการทดสอบทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลทางสรีรวิทยาพื้นฐานและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ในการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างจะได้รับเครื่องดื่มในการทดลองทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส จากนั้นเก็บข้อมูล ได้แก่ ตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือดและตัวแปรด้านความสามารถในการออกกำลังกาย นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในการทดลองในแต่ละครั้งมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 22 และนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปของตารางข้อมูลและแผนภูมิประกอบความเรียง แบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลทางสรีรวิทยาพื้นฐาน, สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Vo_2max) และข้อมูลในการแข่งขัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) และระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate)

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate), การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE), ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion)

ตอนที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างในรูปแผนภูมิของตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) และระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) และตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate), การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (RPE), ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion)

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลทางสรีรวิทยาพื้นฐานและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลทางสรีรวิทยาพื้นฐานและข้อมูลในการแข่งขัน

ข้อมูลทางสรีรวิทยาพื้นฐานและข้อมูลในการแข่งขัน (n=13)	$\bar{x}$ ± **S.D.**
อายุ (ปี)	36.23 ± 3.13
น้ำหนัก (กก.)	67.34 ± 6.69
ส่วนสูง (ซม.)	170.92 ± 6.21
ประสบการณ์ในการแข่งขัน (ปี)	3.23 ± 2.49
สถิติในการแข่งขัน (ชั่วโมง)	3.97 ± 0.60
อัตราการเต้นของหัวใจ สูงสุด (ครั้ง/นาที)	183.77 ± 3.13
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/นาที)	54.69 ± 5.29
จุดเริ่มล้าที่ 1 (% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด)	73.5 ± 4.71
จุดเริ่มล้าที่ 2 (% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด)	92.58 ± 4.16

จากตารางที่ 4 พบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน มีค่าเฉลี่ยของอายุ 36.23 ± 3.13 ปี น้ำหนัก 67.34 ± 6.69 กิโลกรัม ส่วนสูง 170.92 ± 6.21 เซนติเมตร ประสบการณ์ในการแข่งขัน 3.23 ± 2.49 ปี และสถิติในการแข่งขัน 3.97 ± 0.60 ชั่วโมง อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด 183.77 ± 3.13 ครั้ง/นาที สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด 54.69 ± 5.29 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/นาที จุดเริ่มล้าที่ 1 เท่ากับ 73.5 ± 4.71 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้าที่ 2 เท่ากับ 92.58 ± 4.16 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด (ระดับน้ำตาลในเลือดและระดับแลคเตทในเลือด)

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) ของระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

	ระดับน้ำตาลในเลือด (มิลลิกรัม/เดซิลิตร) (n=13)			
	เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD $\bar{x}$ ± S.D.	เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส $\bar{x}$ ± S.D.	F	P-value
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม	96.85 ± 2.31	96.62 ± 2.38		
ก่อนออกกำลังกาย	140.54 ± 7.97	147.54 ± 6.58		
นาทีที่ 15	115.15 ± 3.74	104.62 ± 3.81	.916	.457
นาทีที่ 30	110.54 ± 4.40	104.92 ± 2.23		
หลังออกกำลังกายทันที	114.92 ± 4.37	113.85 ± 6.61		

*p < .05

HBCD = highly branched cyclic dextrin

จากตารางที่ 5 ไม่พบความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) ของระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

	ระดับแลคเตทในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร) (n=13)			
	เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD $\bar{x}$ **± S.D.**	**เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส** $\bar{x}$ **± S.D.**	**F**	**P-value**
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม	1.70 ± .68	1.53 ± .55		
ก่อนออกกำลังกาย	2.00 ± .86	1.98 ± .93		
นาทีที่ 15	3.20 ± 1.38	3.73 ± 1.76	.221	.927
นาทีที่ 30	3.70 ± 1.36	3.67 ± 1.56		
หลังออกกำลังกาย	9.43 ± 3.05	9.75 ± 2.06		

*p < .05

HBCD = highly branched cyclic dextrin

จากตารางที่ 6 ไม่พบความแตกต่างของระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) ของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (heart rate) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

	อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (ครั้ง/นาที) (n=13)			
	เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD $\bar{x}$ **± S.D.**	**เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส** $\bar{x}$ **± S.D.**	**F**	**P-value**
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม	70.85 ± 8.20	70.69 ± 11.13		
ก่อนออกกำลังกาย	70.46 ± 12.50	72.85 ± 11.60		
นาทีที่ 15	148.08 ± 12.85	148.69 ± 13.62	.548	.701
นาทีที่ 30	145.0 ± 16.53	153.77 ± 11.79		
หลังออกกำลังกาย	173.23 ± 17.44	178.62 ± 7.53		

*p < .05

HBCD = highly branched cyclic dextrin

จากตารางที่ 7 ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (heart rate) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันสองทาง (Two-Way Repeated measures ANOVA) ของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

	การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (ระดับ 1-10) (n=13)			
	เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD $\bar{x}$ **± S.D.**	**เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส** $\bar{x}$ **± S.D.**	**F**	**P-value**
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม	1.15 ± .376	1.00 ± .00		
ก่อนออกกำลังกาย	1.38 ± .51	1.30 ± .63		
นาทีที่ 15	4.15 ± .89	4.46 ± 1.13	.511	.476
นาทีที่ 30	4.85 ± .98	5.46 ± 1.13		
หลังออกกำลังกาย	9.92 ± .28	9.69 ± .48		

*p < .05

HBCD = highly branched cyclic dextrin

จากตารางที่ 8 ไม่พบความแตกต่างของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางของสองประชากรที่มีการกระจายแบบปกติแต่ไม่อิสระต่อกัน (paired simples t-test) ของปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสม HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

(n=13)			ปริมาณการสูญเสียน้ำ (กิโลกรัม) (n=13)			
ผู้เข้าร่วมการวิจัย	HBCD	Glucose	HBCD $\bar{x}$ ± S.D.	Glucose $\bar{x}$ ± S.D.	t	P-value
1	.70	1.30				
2	.10	0				
3	.30	.60				
4	.20	.80				
5	.30	.40				
6	.10	.30				
7	.10	.30	0.28 ± .18	0.50 ± .32	-3.593	.04*
8	.20	.55				
9	.20	.50				
10	.50	.60				
11	.20	.30				
12	.50	.50				
13	.30	.40				

*p < .05

HBCD = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)
Glucose = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จากตารางที่ 9 พบว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) น้อยกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางของสองประชากรที่มีการกระจายแบบปกติแต่ไม่อิสระต่อกัน (paired simples t-test) ของระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

(n=13)	**ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (นาที)**					
ผู้เข้าร่วมการวิจัย	**HBCD**	**Glucose**	**HBCD** $\bar{x}$ **± S.D.**	**Glucose** $\bar{x}$ **± S.D.**	**t**	**P-value**
1	38.18	35.30				
2	39.30	39.47				
3	41.00	36.51				
4	44.31	43.25				
5	38.58	37.52				
6	42.75	41.07				
7	40.08	41.15	42.67±4.92	40.77±4.40	3.963	.02*
8	45.10	43.18				
9	47.07	43.12				
10	55.57	52.26				
11	45.10	41.09				
12	40.37	40.07				
13	37.45	36.02				

*p < .05

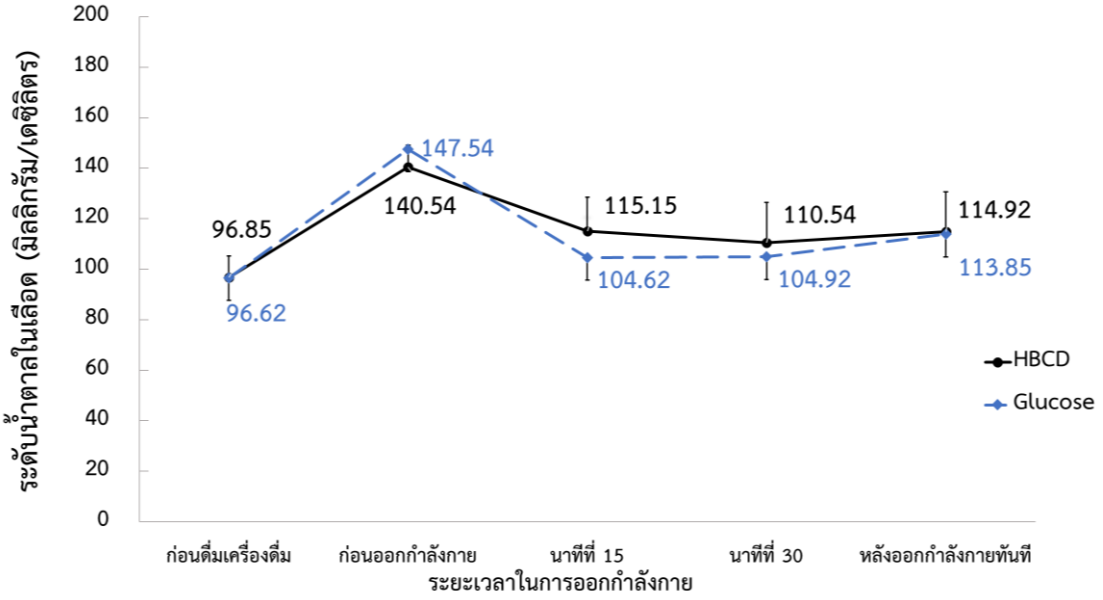
HBCD = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)
Glucose = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จากตารางที่ 10 พบว่า กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) นานกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างในรูปแผนภูมิของตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด และตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน

แผนภูมิที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCDและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส (n=13)

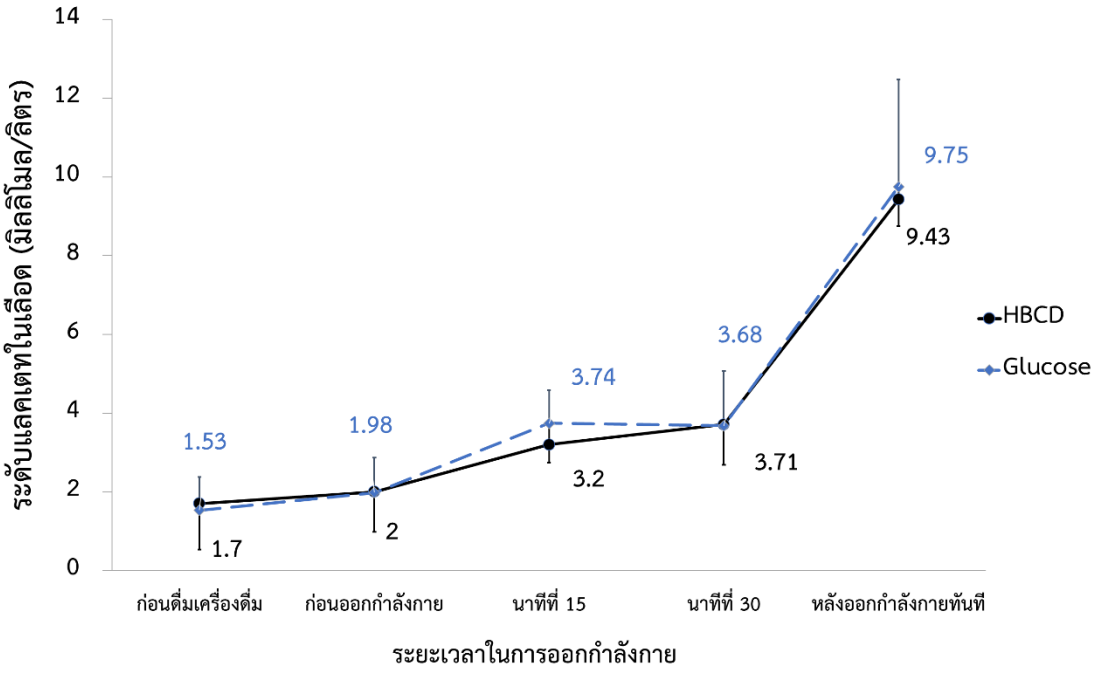


HBCD = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)
Glucose = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากแผนภูมิที่ 1 ไม่พบความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

แผนภูมิที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส (n=13)

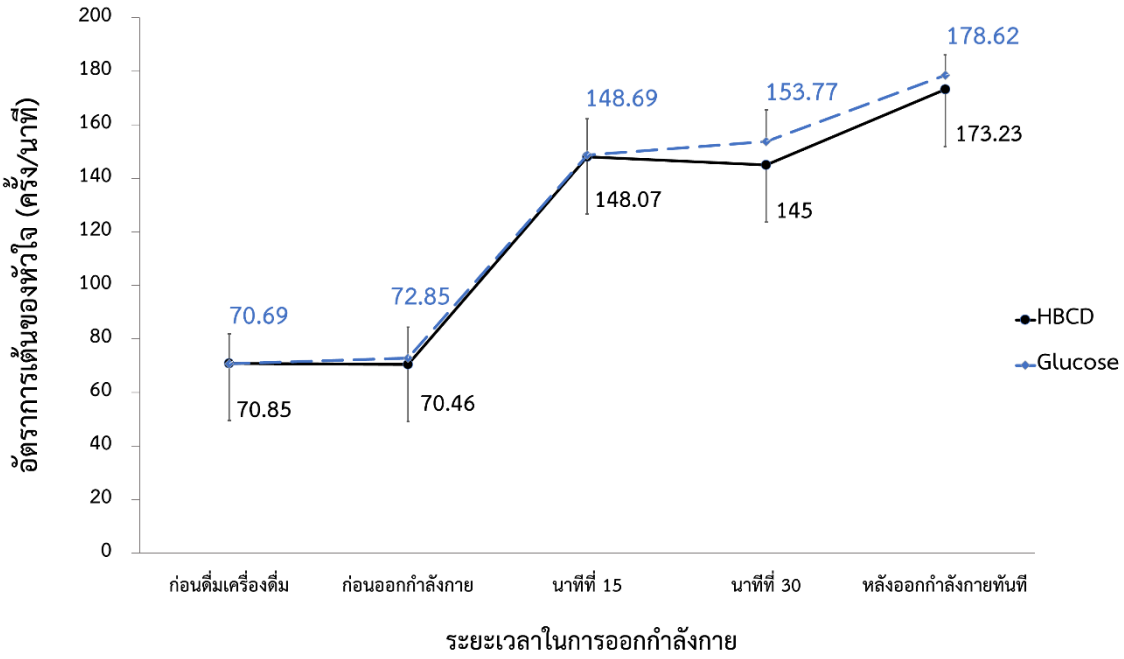


HBCD = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานช์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)
Glucose = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากแผนภูมิที่ 2 ไม่พบความแตกต่างของระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

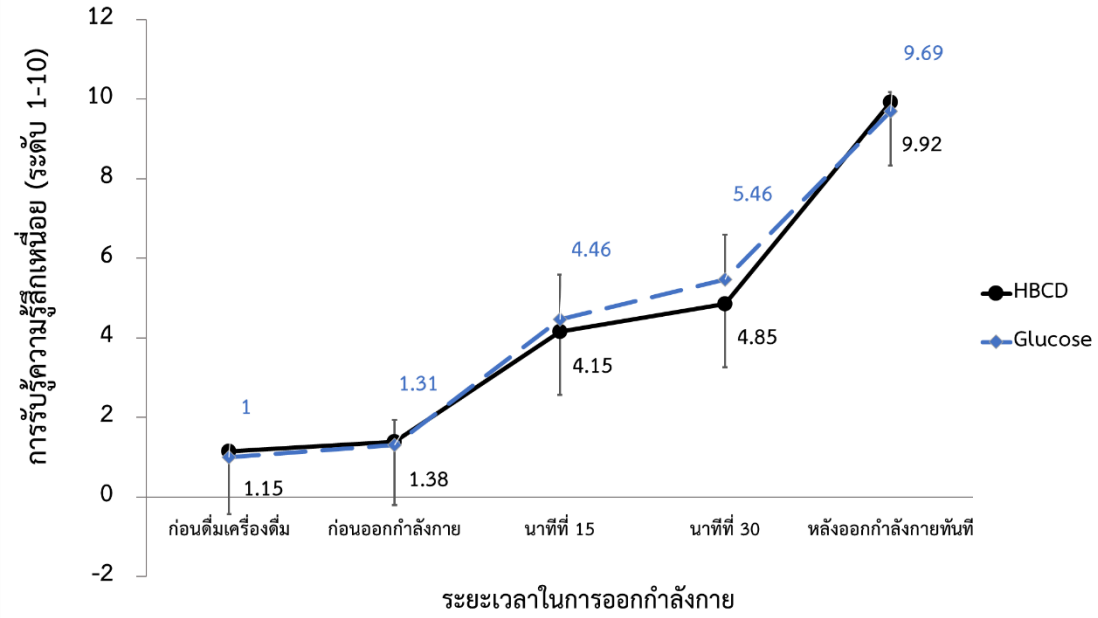
แผนภูมิที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (heart rate) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส (n=13)



HBCD = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)
Glucose = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จากแผนภูมิที่ 3 ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (heart rate) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

แผนภูมิที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส (n=13)

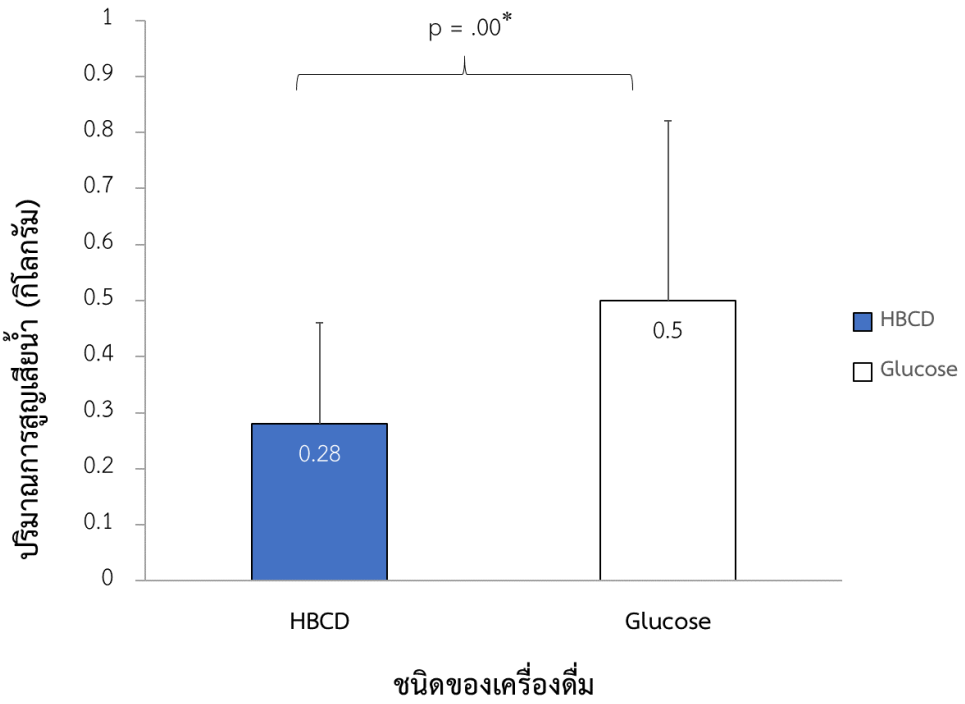


HBCD = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)
Glucose = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จากแผนภูมิที่ 4 ไม่พบความแตกต่างของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส (n=13)

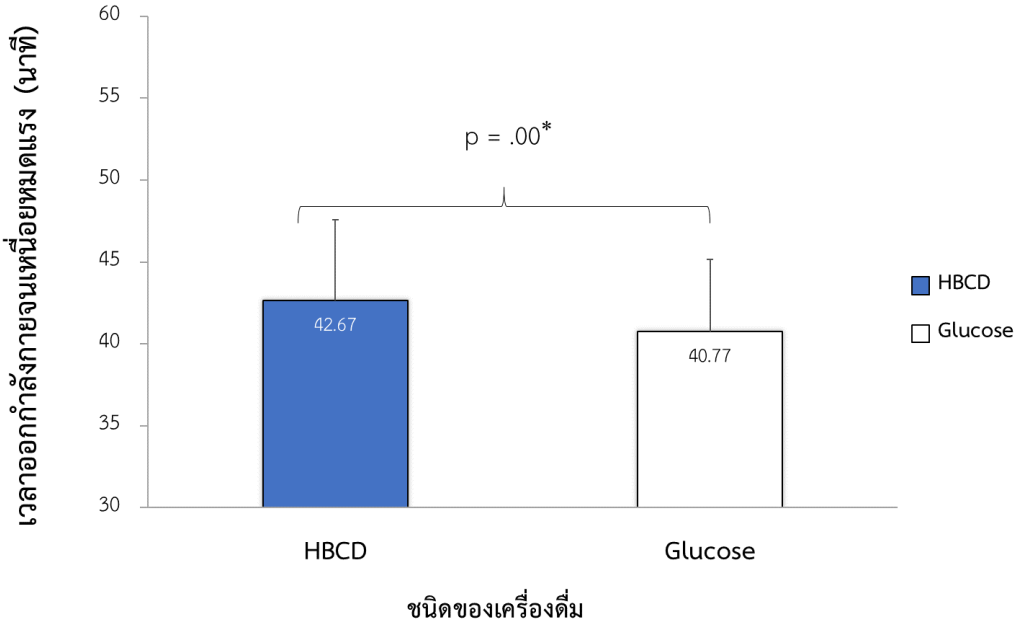


HBCD = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)
Glucose = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากแผนภูมิที่ 5 พบว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) ต่ำกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) จากการเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส (n=13)



HBCD = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานช์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)
Glucose = เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จากแผนภูมิที่ 6 พบว่า กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) มากกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) แบบไขว้ (crossover design) และปกปิดสองทาง (double-blind study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย อีกทั้งเพื่อเปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD กับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาวิ่งมาราธอนเพศชาย อายุระหว่าง 30-39 ปี จำนวน 13 คน ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องมีประสบการณ์ในการแข่งขันวิ่งมาราธอน 1-5 ปี มีการซ้อมสัปดาห์ละ 3-5 วัน ระยะรวม 50-80 กิโลเมตร/สัปดาห์ มีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรค หรืออาการที่ทำให้ไม่พร้อมที่จะออกกำลังกายโดยประเมินแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (PAR - Q) และผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีการแพ้ มอลโทเด็กซ์ตริน (maltodextrin) กลุ่มตัวอย่างทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ซึ่งจากการทดสอบจะได้ค่าของจุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) และจุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) เพื่อกำหนดความหนักในการทดสอบ และกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะได้รับเครื่องดื่มในการทดลองทั้ง 2 ชนิด (ครั้งละ 1 ชนิด) ได้แก่ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส จากนั้นทดสอบด้วยการวิ่งที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) 30 นาที และวิ่งที่จุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) จนเหนื่อยหมดแรง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) และระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) และตัวแปรด้านความสามารถในการออกกำลังกาย ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate), การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE), ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion)

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 22 เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรในการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิด โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางชนิดวัดซ้ำ (Two-Way repeated measure ANOVA) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางของสองประชากรที่มีการกระจายแบบปกติแต่ไม่อิสระต่อกัน (paired simples t-test) โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

1. ตัวแปรด้านชีวเคมีในเลือด

1.1 ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose)

จากผลการศึกษา ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ไม่มีความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยในการศึกษา เมื่อกลุ่มตัวอย่างดื่มเครื่องดื่มไปแล้ว 30 นาที ระดับน้ำตาลในเลือดทั้งกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงก่อนการออกกำลังกายและค่อยๆลดลง ซึ่งกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นในช่วงก่อนการออกกำลังกายนั้น อาจมีสาเหตุมาจากกลูโคสมีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index; GI) เท่ากับ 100 (Segal, 2007) จึงทำให้กลูโคสถูกดูดซึมและกลายเป็นน้ำตาลในกระแสเลือดได้อย่างรวดเร็วและค่อยๆลดลง หลังจากนั้นฮอร์โมนกลูคากอน จะสลายไกลโคเจนในตับผ่านกระบวนการกลูโคนีโอจีนีซิส (gluconeogenesis) เพื่อสังเคราะห์เป็นน้ำตาลในเลือด ส่งผลให้ยังคงมีระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงกว่าก่อนดื่มเครื่องดื่ม (Miller & Birnbaum, 2016)

ในกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ก็มีระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงขึ้นไม่แตกต่างจากกลูโคส HBCD มีค่าออสโมลาริตี้ (osmolarity) ต่ำใกล้เคียงกับน้ำเปล่า คือ HBCD มีค่าออสโมลาริตี้ (osmolarity) เท่ากับ 9 mmol/L และน้ำเปล่ามีค่าออสโมลาริตี้ (osmolarity) เท่ากับ 2 mmol/L จึงถูกดูดซึมได้เร็วแม้มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ (Takii et al., 2004) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kulaksız และคณะ (2016) ศึกษาผลของมอลโตเด็กซ์ทรินด้วยความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (3%, 6% และ 12%) เทียบกับเครื่องดื่มหลอกที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต กลุ่มตัวอย่าง 9 คน ทดลองปั่นจักรยาน 20 กิโลเมตร ผลการทดสอบพบว่า ระดับน้ำตาลในเลือดไม่แตกต่างกันระหว่างการทดลอง (P> .05) จึงไม่ส่งผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและประสิทธิภาพในระหว่างการทดลอง

1.2 ระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate)

จากผลการศึกษา ระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ซึ่งโดยทั่วไป ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมแลคเตทในเลือด ได้แก่ อัตราการเปลี่ยนแปลงความหนักในการออกกำลังกาย (rate of change in exercise

intensity) การใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตจนหมด (carbohydrate depletion) รูปแบบในการออกกำลังกาย (mode of exercise) อุณหภูมิแวดล้อมในการทดสอบ (ambient temperature) (Swart and Jennings, 2004) และสมรรถภาพของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตของนักกีฬา (Katz & Sahlin, 1990)

ในการศึกษานี้ ระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสไม่มีความแตกต่างกันนั้น เนื่องจากในการศึกษา ความหนักและเวลาในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน และในการศึกษานี้ ไม่พบความแตกต่างของปริมาณน้ำตาลในเลือดระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส (ตารางที่ 5) ทำให้การทดสอบทั้งสองครั้ง มีปริมาณน้ำตาลในเลือดเพื่อใช้เป็นพลังงานในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน ดังนั้นกระบวนการสังเคราะห์พลังงานแบบแอนแอโรบิก (anaerobic) จึงไม่ต่างกัน จึงส่งผลให้ปริมาณแลคเตทในเลือดไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shiraki และคณะ (Shiraki et al., 2015) โดยศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD (น้ำหนัก 1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม), กลูโคส (น้ำหนัก 1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) และน้ำ ที่มีต่อสมรรถภาพการออกกำลังกายของนักกีฬาว่ายน้ำ และพบว่าระดับของแลคเตทในเลือด (blood lactate) ของกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD กลูโคส และน้ำไม่มีความแตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานของ Furuyashiki และคณะ (Furuyashiki et al., 2014) ได้เปรียบเทียบผลของปริมาณการดื่มเครื่องดื่มก่อนการทดสอบ 1 ชั่วโมง ที่มีส่วนผสมของ HBCD กับ มอลโทเด็กซ์ตริน (15 กรัม) ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 24 คน ออกกำลังกายโดยปั่นจักรยาน ที่ 40% VO_2max เป็นเวลา 30 นาทีและที่ 60% VO_2max เป็นเวลา 90 นาที (ออกกำลังกายรวม 2 ชั่วโมง) ปริมาณกรดแลคติกในเลือดไม่มีความแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ตัวแปรด้านความสามารถด้านสมรรถภาพทางกายแบบทนทาน

2.1 อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate)

จากผลการศึกษา อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 โดยปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) ระหว่างการออกกำลังกาย ได้แก่ ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ระดับความหนักในการออกกำลังกาย และอุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้น (Joyner & Casey, 2015) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD

และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ไม่มีความแตกต่างกัน เป็นผลมาจาก ในการทดสอบใช้ความหนักและเวลาในการออกกำลังกายเท่ากันทั้งสองครั้ง และมีการควบคุมอุณหภูมิในห้องทดสอบการออกกำลังกายที่ 25.3 องศาเซลเซียล เท่ากันทั้งสองครั้ง รวมถึงในการทดสอบ ระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) และระดับแลคเตทในเลือด (blood lactate) ไม่มีความแตกต่างกัน (ดังตารางที่ 5 และ 6) จึงส่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Arkinstall และคณะ (Arkinstall et al., 2001) ได้ศึกษาผลของการบริโภคคาร์โบไฮเดรตและน้ำก่อนและระหว่างการออกกำลังกายมีผลต่อการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตและการเผาผลาญพลังงานในการวิ่งและการปั่นจักรยานระยะไกล ทำการวิ่งและปั่นจักรยานที่ความหนัก 70 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผลการทดสอบคือ อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับกรดแลคติกในเลือด และระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 3 ตัวที่สอดคล้องกับการศึกษาผลครั้งนี้ที่ไม่มีความแตกต่างกัน และยังสอดคล้องการศึกษาของ Lee และคณะ (Lee et al., 2008) กล่าวว่า การดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตอย่างเพียงพอในระหว่างการออกกำลังกาย เพื่อป้องกันการลดลงของระดับน้ำตาลในเลือด และรักษาระบบการไหลเวียนของเลือดที่ผิวหนัง อุณหภูมิของทวารหนัก ป้องกันไม่ให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2.2 การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE)

จากผลการศึกษา การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ร่างกายมีระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) ที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ความเหนื่อยล้าจากระบบประสาทส่วนกลาง ความรู้สึกตึงเตรียดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ ระบบการหายใจระหว่างการออกกำลังกาย อัตราการเกิดกรดแลคติก และปริมาณพลังงานในระหว่างการออกกำลังกาย (Joyner & Casey, 2015) ในการทดลองครั้งนี้ การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) ระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสไม่มีความแตกต่างกัน เป็นผลมาจากระดับน้ำตาลในเลือด (blood glucose) ที่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเผาผลาญกลูโคสเพื่อไปเป็นพลังงาน เกิดกระบวนการหายใจระดับเซลล์ ณ จุดที่วัดได้ในเวลานั้น

ไม่แตกต่างกัน (Lee et al., 2014) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Furuyashiki และคณะ (Furuyashiki et al., 2014) ได้เปรียบเทียบผลของปริมาณการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD กับมอลโทเด็กซ์ตริน (15 กรัม) ก่อนการทดสอบ 1 ชั่วโมง ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 24 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานรวม 2 ชั่วโมง ใช้ความหนักและระยะเวลาในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเท่ากัน ระหว่างการทดสอบมีการประเมินการจัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) ผลการทดลองพบว่าระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (rating of perceived exertion; RPE) ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการออกกำลังกาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee และคณะ (Lee et al., 2008) ได้ทำการศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มในอุณหภูมิที่ มีส่วนผสมของสารอิเล็กโทรไลต์และคาร์โบไฮเดรตเหมือนกัน ในน้ำปริมาณ 900 มิลลิลิตร แบ่งการดื่มออกเป็น 3 ครั้ง ออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (first ventilatory threshold; VT_1) ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างของการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ซึ่งเป็นผลมาจากเครื่องดื่มทั้งสองชนิดแต่ยังคงรักษาระดับน้ำตาลในเลือดและพร้อมใช้งาน ไม่ได้ทำให้เสียประสิทธิภาพการออกกำลังกายที่ใช้ความอดทน

2.3 ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss)

จากผลการศึกษา กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) ต่ำกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ร่างกายสูญเสียน้ำระหว่างการออกกำลังกาย ได้แก่ ระยะเวลาในการออกกำลังกาย ความหนักในการออกกำลังกาย ภาวะอุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้น และพลังงานไม่เพียงพอต่อการออกกำลังกาย (Maughan & Shirreffs, 2010) ในการทดลองครั้งนี้ ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) ในกลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ต่ำกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส อาจเป็นผลมาจาก HBCD มีโครงสร้างโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ส่งผลทำให้ร่างกายต้องใช้เวลาย่อยและดูดซึม HBCD อย่างช้าๆ ซึ่ง HBCD จะปล่อยพลังงานจากกลูโคสอย่างสม่ำเสมอและยาวนาน แต่กลูโคสมีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index; GI) เท่ากับ 100 (Segal, 2007) จึงทำให้กลูโคสถูกดูดซึมและกลายเป็นน้ำตาลในกระแสเลือดได้อย่างรวดเร็วและหมดไป จึงทำให้ร่างกายต้องใช้พลังงานจากระบบอื่น เช่น สลายไกลโคเจนในตับผ่านกระบวนการกลูโคนีโอจีนีซิส (gluconeogenesis) (Miller & Birnbaum, 2016) ซึ่งมีการเผาผลาญที่มากกว่า ร่างกายจึงเกิดความร้อนมากกว่า ส่งผลทำให้ร่างกายระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาผลาญพลังงานผ่านการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย

(Coyle, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rehrer (Rehrer, 2001) ซึ่งพบว่านักปั่นจักรยานชายปั่นจักรยานที่ความหนัก 55% VO_2max เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และตลอดระยะเวลาการปั่นจักรยาน นักปั่นจักรยานชายรับประทานอาหารเสริม ได้แก่ เครื่องดื่ม 11.09 กิโลกรัม และอาหาร 5.61 กิโลกรัม ผลการทดสอบพบว่านักปั่นจักรยานชายมีการสูญเสียน้ำที่มากเกินไปคือ 1.19 กิโลกรัม การสูญเสียน้ำที่มากเกินไปสะท้อนให้เห็นถึงการมีพลังงานไม่เพียงพอในการออกกำลังกาย ซึ่งเกิดจากขาดสารตั้งต้นเพื่อไปใช้เป็นพลังงานที่ไม่เพียงพอ ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น และร่างกายมีการเผาผลาญพลังงานและระบายความร้อนเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee และคณะ (Lee et al., 2014) ศึกษาผลของรูปแบบอาหารเสริม 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่มกลูโคส 500 มิลลิลิตร กลูโคสเจล ทดลองโดยวิ่งระยะฮาล์ฟมาราธอน ผลการทดลอง ในระหว่างออกกำลังกาย การบริโภคในรูปแบบเครื่องดื่มกลูโคส ค่าเฉลี่ยของการสูญเสียมวลกายในการทดลองต่ำกว่าในรูปแบบอื่นๆ และมีการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตมากกว่าในรูปแบบอื่นๆ ส่งผลทำให้เกิดประสิทธิภาพในการออกกำลังกายที่ใช้ความอดทนเพิ่มมากขึ้น

2.4 ระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion)

จากผลการศึกษา พบว่า กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD มีระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) นานกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นผลมาจาก คุณสมบัติของ HBCD มีโมเลกุล มีขนาดใหญ่ มีการเรียงตัวเป็นวงกลมและแตกกิ่งก้าน จึงถูกย่อยและดูดซึมโดยลำไส้ทีละส่วน การที่ HBCD ถูกย่อยและดูดซึมทีละส่วนอย่างช้า ๆ และมีค่าออสโมลาริตี้ (osmolarity) เท่ากับ 9 mmol/L น้อยกว่าเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ซึ่งเท่ากับ 646 mmol/L (Takii et al., 2004) จึงทำให้ HBCD ถูกดูดซึมเข้าสู่กระบวนการย่อยสลายไปเป็นพลังงานได้เร็วกว่ากลูโคส และHBCD มีค่า GI ที่ต่ำกว่ากลูโคส จึงค่อยๆปลดปล่อยพลังงานระหว่างการออกกำลังกาย ส่งผลทำให้มีระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (time to exhaustion) ยาวนานกว่า และในส่วนของ Glucose มีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index) สูงกว่า HBCD ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงในช่วงแรกและหมดไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดกระบวนการ กลูโคนีโอจีนีซิส (gluconeogenesis) เพื่อสังเคราะห์พลังงานจากสารอาหารอื่นมารักษาระดับน้ำตาลในเลือด ได้แก่ การสังเคราะห์พลังงานจากไขมันเพื่อมาเป็นน้ำตาลในเลือด ซึ่งทำให้เกิดการใช้พลังงานที่ไม่ต่อเนื่อง ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น HBCD จึงช่วยให้ร่างกายสามารถออกกำลังกายเป็นระยะเวลานานขึ้นก่อนที่จะรู้สึกเหนื่อยล้า (Shiraki et al., 2015) ผลการศึกษาดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Takii และคณะ (Takii et al., 2004) ที่ศึกษา

เปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของมอลโทเดกซ์ทรินโดยพบว่าก่อนออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD ปริมาณ 15 กรัม ละลายในน้ำ 200 มิลลิลิตร จะมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของมอลโทเดกซ์ทริน ปริมาณ 15 กรัม ละลายในน้ำ 200 มิลลิลิตร และสอดคล้องกับการศึกษาของ Shiraki และคณะ (Shiraki et al., 2015) ที่ทำการศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD กลูโคส (น้ำหนัก 1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) และน้ำ ที่มีต่อสมรรถภาพการออกกำลังกายของนักกีฬาว่ายน้ำ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD สามารถว่ายน้ำได้นานกว่ากลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีกลูโคสหรือน้ำ เป็นผลมาจากร่างกายสามารถรักษาระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างออกกำลังกายไว้ได้ ร่ายกายสามารถจัดหาพลังงานอย่างต่อเนื่องและเพียงพอต่อการออกกำลังกาย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD สามารถรักษาปริมาณน้ำที่สูญเสียไประหว่างการออกกำลังกายได้ดีกว่าการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีระยะเวลาการออกกำลังกายยาวนานขึ้น เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD จึงเหมาะสำหรับนักกีฬาที่ต้องออกกำลังกายที่ต้องอาศัยความทนทานและมีระยะเวลานาน

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ควรควบคุมการรับประทานอาหารของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนการทดสอบการออกกำลังกาย เพื่อป้องกันการส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดก่อนการทดสอบ

2. ควรเพิ่มจำนวนครั้งในการทดสอบตัวแปร และเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบ ซึ่งจะทำให้เกิดความชัดเจนของเปลี่ยนแปลงระดับของตัวแปรในการทดสอบ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

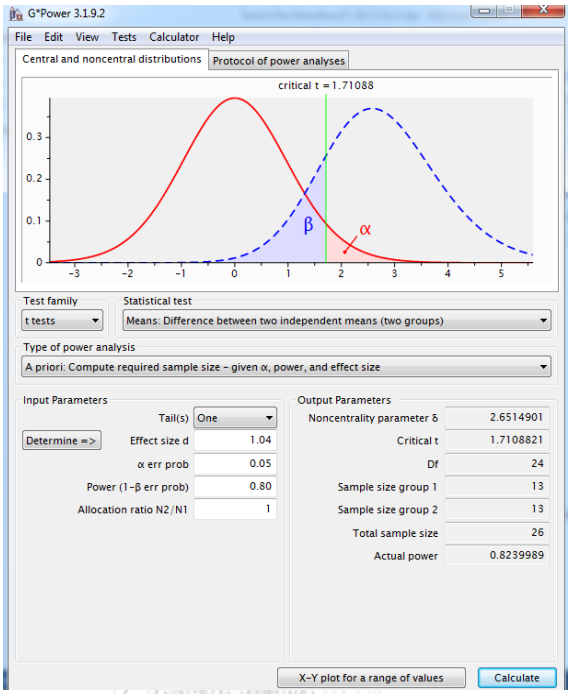
การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานเท่านั้น แต่ยังไม่มีการศึกษาผลในด้านการตอบสนองของฮอร์โมนต่อการรับประทาน HBCD ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรทำการศึกษาผลของ HBCD ต่อการตอบสนองของฮอร์โมนที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเพื่อสร้างความเข้าใจในกลไกการเสริมสร้างสมรรถภาพความทนทานให้ดียิ่งขึ้น

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยนำภาพจากโปรแกรม G*Power



รูปที่ 9 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีสตาร์พาวเวอร์ (G*Power)

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (sample random sampling) ด้วยการจับฉลากกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจ ในงานวิจัยของ ณธีรา เฮงเจริญ (2555) ซึ่งมีการกำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (effect size) ที่ 1.04 และค่าอำนาจการทดสอบ (power of Test) ที่ .80 คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยโปรแกรมจีสตาร์พาวเวอร์ (G*Power) เวอร์ชั่น 3.1.9.2 โดยได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 13 คน ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น 20 % เป็นจำนวน 16 คน เพื่อป้องกันกลุ่มตัวอย่างที่ถูกคัดออก และลักษณะการและลักษณะการทำงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและปกปิดสองทาง (double-blind study) ซึ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยแต่ละคนจะได้รับเครื่องดื่ม 2 ชนิด (ครั้งละ 1 ชนิด) ก่อนการทดลองออกกำลังกายโดยการสุ่มลำดับการได้รับเครื่องดื่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับฉลาก จากผู้ช่วยผู้วิจัย ได้แก่

ครั้งที่ 1 ดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร

ครั้งที่ 2 ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามประวัติทั่วไปก่อนออกกำลังกาย (สำหรับบุคคลทั่วไป)

2019 PAR – Q & YOU (physical Activity Readiness Questionnaire)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย Code number..... วันที่ .....

การออกกำลังกายหรือกิจกรรมทางกาย มีหลักฐานที่ชัดเจนแล้วว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ คนส่วนใหญ่ควรมีกิจกรรมทางกายในทุกวันของสัปดาห์ การมีกิจกรรมทางกายที่มีความปลอดภัยสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ แบบสอบถามนี้จะบอกได้ว่า มีความจำเป็นที่จะขอคำแนะนำเพิ่มเติมจากแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกกำลังกายก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายที่หนักขึ้นจากเดิมหรือไม่ โปรดอ่านคำถาม 7 ข้อด้านล่างอย่างถี่ถ้วนและตอบคำถามด้วยความสัตย์จริง

ใช่ ไม่ใช่

☐ ☐ 1. คุณเคยได้รับทราบจากแพทย์ว่าเป็นโรคเกี่ยวกับ☐ โรคหัวใจหรือ☐ โรคความดันโลหิตสูง

☐ ☐ 2. คุณรู้สึกเจ็บที่หน้าอกขณะพัก หรือระหว่างมีกิจกรรมในชีวิตประจำวัน หรือระหว่างออกกำลังกาย

☐ ☐ 3. ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยวิงเวียนศีรษะจนเสียการทรงตัว หรือเป็นลมไม่รู้สึกตัว (ในกรณีที่ออกกำลังกายอย่างหนักจนทำให้หายใจเร็วแล้วตามด้วยการเวียนศีรษะให้ตอบว่าไม่ใช่)

☐ ☐ 4. คุณได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเรื้อรัง นอกเหนือจากโรคหัวใจหรือโรคความดันโลหิตสูง หรือไม่ ถ้าตอบว่าใช่ให้ระบุว่าเป็นโรคเรื้อรัง.....

☐ ☐ 5. ปัจจุบันคุณได้ยาเพื่อรักษาโรคเรื้อรังหรือไม่ โปรดระบุเงื่อนไขและยาที่ได้รับ.....

☐ ☐ 6. ปัจจุบันในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณมีปัญหาเรื่องกระดูกและข้อต่อ กล้ามเนื้อหรือเส้นเอ็น ซึ่งอาการจะแย่ลงเมื่อมีกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น (หากปัญหาดังกล่าวในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาได้หายไปแล้วและไม่มีผลต่อความสามารถในการออกกำลังกายหรือกิจกรรมทางกายในปัจจุบันให้ตอบว่าไม่ใช่)

☐ ☐ 7. แพทย์เคยระบุว่า คุณควรได้รับคำแนะนำก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายหรือออกกำลังกาย

ถ้าตอบว่าไม่ใช่ทุกข้อ คุณสามารถออกกำลังกายได้และปฏิบัติดังนี้

- ให้เริ่มการมีกิจกรรมทางกายที่เพิ่มขึ้นโดยค่อยๆเพิ่มความหนักของการมีกิจกรรมทางกาย
- ให้คุณออกกำลังกายให้สอดคล้องกับอายุ ตามแนวของ International Physical activity guideline
- คุณควรจะได้รับการประเมินสมรรถภาพทางกายและประเมินสุขภาพตรวจสุขภาพประจำปี
- ถ้าคุณอายุมากกว่า 45 ปีและไม่ได้ฝึกซ้อมออกกำลังกายที่มีความหนักมาก่อนให้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกกำลังกายก่อนไปร่วมกิจกรรมทางกายที่มีความหนัก

ข้าพเจ้าได้อ่านแบบสอบถามนี้ และตอบคำถามทั้งหมดอย่างเต็มใจ ตระหนักเป็นอย่างดีว่าคำประกาศนี้จะใช้ได้ภายใน 12 เดือนนับจากวันที่ได้ตอบแบบสอบถาม ข้าพเจ้ายินยอมให้ผู้วิจัยนำสำเนาเอกสารนี้เก็บไว้ โดยผู้วิจัยจะไม่นำข้อมูลไปเปิดเผย ที่มา: (สมาคมส่งเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพไทย, 2562)

ผู้เข้าร่วมการวิจัยแพ้อาหารที่มีส่วนผสมของแป้งหรือไม่ ☐ แพ้ ☐ ไม่แพ้

ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลัวเข็มหรือไม่ ☐ กลัว ☐ ไม่กลัว

ภาคผนวก ค

แบบบันทึกการบริโภคอาหาร 24 ชั่วโมง

ผู้เข้าร่วมการวิจัย Code number.....

วัน/เดือน/ปี.....

การบริโภคอาหารตามปกติ

☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

มื้ออาหาร	**รายการอาหารและชนิดอาหาร**	**กลุ่มอาหาร**						
		ข้าวแป้ง (ทัพพี)	ผัก (ทัพพี)	ผลไม้ (ทัพพี)	เนื้อสัตว์ (ช้อนกินข้าว)	นมหรือผลิตภัณฑ์ (แก้ว)	น้ำมันกะทิ (ช้อนชา)	น้ำตาล (ช้อนชา)
รวมปริมาณอาหารที่บริโภคภายใน 1 วัน								

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

แบบบันทึกกิจกรรมทางกาย 24 ชั่วโมง

ผู้เข้าร่วมการวิจัย Code number.....

วันที่.....(ลำดับ) วัน/เดือน/ปี.....

การปฏิบัติกิจกรรมตามปกติ

☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

เวลา	**รวมระยะเวลา(นาที)**	**กิจกรรม**
รวมระยะเวลา กิจกรรมทางกาย		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ: โปรดบันทึกกิจกรรมทางกายตั้งแต่ผู้เข้าร่วมวิจัยตื่นนอน

ภาคผนวก จ

ผงดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (highly branched cyclic dextrin; HBCD)

รูปที่ 10 ผงดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCDโดยกลุ่มตัวอย่าง จะรับประทานในปริมาณ1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายน้ำ 500 มิลลลิตร โดยดื่มก่อนการออกกำลังกาย 30 นาที และต้องดื่มเครื่องดื่มที่ได้รับให้หมดภายใน 5 นาที ทั้งนี้ในการเตรียมเครื่องดื่มจะมีการปรับรสชาติของเครื่องดื่มให้มีความหวานใกล้เคียงกับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส โดยเติมสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCDเพื่อป้องกันไม่ให้กลุ่มตัวอย่างรับรู้ถึงความแตกต่างของเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

(maximal oxygen consumption; VO_2max)

เครื่องมือ

1. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (breath by breath Cardiopumonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เทกซ์ (cortex) รุ่นเมทาแม็ก ทรีบี (metamax® 3B) ประเทศเยอรมัน ดังรูปที่ 11
2. ลู่กล (treadmill) ยี่ห้อ เอชพีคอสมอส (H/P/cosmos) รุ่น Pluto® med ดังรูปที่ 12
3. หน้ากากวิเคราะห์แก๊ส ดังรูปที่ 13
4. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (polar H10 Heart Rate Sensor) ดังรูปที่ 14

วิธีการทดสอบ

1. ผู้เข้ารับการทดสอบงดทำกิจกรรมที่ต้องใช้กำลังกายมาก ก่อนการทดสอบ 2 ชั่วโมง
2. ผู้เข้ารับการทดสอบ ติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (polar H10 Heart Rate Sensor) และสวมหน้ากากวิเคราะห์แก๊ส
3. ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งบนลู่กล (treadmill) ด้วยวิธีของแรมป์ (Ramp protocol) ดังตารางที่ 4 โดยให้มีการอบอุ่นร่างกาย ความเร็วที่ 3 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นจึงเพิ่มความเร็ว 6 กิโลเมตร/ชั่วโมง ใน 3 นาทีแรก และเพิ่มความเร็ว1 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทุกๆ 1 นาที ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินหรือวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง (exhaustion) และคลายอุ่น 3 นาที ทั้งนี้ผู้วิจัยสังเกตตัวแปร ดังต่อไปนี้

   - อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (respiratory Exchange Ratio; RER) มีค่ามากกว่า 1.1

   - สอบถามระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยที่อยู่ในระดับ 10 (เหนื่อยที่สุด) ควรให้หยุดออกกำลังกาย (Chamari et al., 2003) และคลายอุ่น 3 นาที

4. บันทึกความเร็วสูงสุดเมื่อผู้เข้ารับการทดสอบเหนื่อยหมดแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ตารางเพิ่มความเร็ว ด้วยวิธีของแรมป์ (Ramp protocol)

Time (min)	Stage	Speed (km/h)
1	1	9
2		
3		
4	2	10
5		11
6		12
7	3	13
8		14
9		15
10	4	16
12		17
13		18

ที่มา : (Chamari et al., 2003)

รูปที่ 11 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (breath by breath Cardiopumonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เทกซ์ (cortex) รุ่นเมทาแม็ก ทรีบี (metamax® 3B) ประเทศเยอรมัน

รูปที่ 12 ลู่กล (treadmill) ยี่ห้อ เอชพีคอสมอส (H/P/cosmos) รุ่น Pluto® med

รูปที่ 13 หน้ากากวิเคราะห์แก๊ส

รูปที่ 14 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (polar H10 Heart Rate Sensor)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 15 น้ำยาทำความสะอาดหน้ากากวิเคราะห์แก๊สและอุปกรณ์ในการทดลอง (umonium38)

ภาคผนวก ช

แบบบันทึกการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

(maximal oxygen consumption; VO_2 max)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย Code number.....

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (maximum heart rate)..... (bpm)

Time (min)	Stage	Speed (km/h)	Heart rate (Bpm)
0	Rest	0	
1			
2			
3	Warm up	4	
4			
5			
6	Exercise	6	
7			
8			
9	Exercise	7	
10		8	
11		9	
12		10	
13		11	
14		12	
15		13	
16		14	
17		15	
	Cooldown		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลาที่ออกกำลังกายทั้งหมด (total treadmill time).....

Vo_2max (ml/kg/min)..... RER.....

Max speed..... Km/h

ความเร็วที่ VT_1.....Km/h ความเร็วที่ VT_2.....Km/h

ลงชื่อ.....

ผู้บันทึกผลการทดสอบ

ภาคผนวก ซ

การเก็บข้อมูลขณะออกกำลังกาย

เครื่องมือ

1. ลู่กล (treadmill) ยี่ห้อ แทรคมาสเตอร์ (Trackmaster) รุ่น TMX425CP ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังรูปที่ 12

2. เครื่องวิเคราะห์แลคเตท Lactate Analyzer ยี่ห้อ Lactate Scout ดังรูปที่ 15

3. เครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa ดังรูปที่ 16

4. เข็มเจาะเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Safe-T-Pro Plus ดังรูปที่ 17

5. แอลกอฮอล์ และสำลี สำหรับทำความสะอาดนิ้วก่อนเจาะเลือด ดังรูปที่ 18

6. ตาราง Borg's scale (0-10) สำหรับประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (Rating of perceived exertion) ดังตารางที่ 5

7. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tanita รุ่น UM-051 ขนาด 150 กก. ดังรูปที่ 19

วิธีการทดสอบ

1. ผู้เข้ารับการทดสอบวัดระดับแลคเตทในเลือด วัดน้ำระดับน้ำตาลในเลือด วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ก่อนดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

2. ผู้เข้ารับการทดสอบได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส ปริมาณ 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ละลายน้ำ 500 มิลลลิตร ก่อนการออกกำลังกาย 30 นาที

3. ผู้เข้ารับการทดสอบวัดระดับแลคเตทในเลือด วัดน้ำระดับน้ำตาลในเลือด วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ชั่งน้ำหนักตัวเพื่อวัดปริมาณการสูญเสียน้ำ และประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย

4. ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งบนลู่กล ด้วยความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) เป็นเวลา 30 นาที และเพิ่มความเร็วที่จุดเริ่มล้าที่ 2 (VT_2) ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จนเหนื่อยหมดแรง

5. ผู้เข้ารับการทดสอบวัดระดับแลคเตทในเลือด วัดน้ำระดับน้ำตาลในเลือด วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ในนาทีที่ 30 และหลังจากออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวัดระดับแลคเตทในเลือด

การวัดระดับแลคเตทในเลือด มีขั้นตอนดังนี้

1. การเจาะเลือดโดยนักเทคนิคการแพทย์ จำนวน 1 คน
2. ทำการวัดระดับแลคเตทในเลือดทั้งหมด 4 ครั้ง ประกอบด้วย
   - ก่อนดื่มเครื่องดื่ม (LA_1)
   - ก่อนการออกกำลังกาย (LA_2)
   - ระหว่างการออกกำลังกาย นาทีที่ 30 (LA_4) หลัง VT1
   - ภายหลังการออกกำลังกายในทันที (LA_7) หลัง VT2
3. หยดเลือดหยดที่ 3 จากการเจาะเลือดตรวจปริมาณน้ำตาลในเลือด ลงบนแถบตรวจปริมาณ 1 หยด
4. นำแถบตรวจเข้าวิเคราะห์ความเข้มข้นของระดับแลคเตทในเลือด โดยใช้ Lactate Analyzer ยี่ห้อ Lactate Scout

รูปที่ 16 Lactate Analyzer ยี่ห้อ Lactate Scout

การวัดระดับน้ำตาลในเลือด

การวัดระดับน้ำตาลในเลือด มีขั้นตอนดังนี้

1. การเจาะเลือดจะทำโดยนักเทคนิคการแพทย์ จำนวน 1 คน
2. ทำการเจาะเลือดทั้งหมด 4 ครั้ง ประกอบด้วย
   - ก่อนดื่มเครื่องดื่ม (BG_1)
   - ก่อนการออกกำลังกาย (BG_2)
   - ระหว่างการออกกำลังกาย นาทีที่ 30 (BG_4) หลัง VT1
   - ภายหลังการออกกำลังกายในทันที (BG_7) หลัง VT2
3. ใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดบริเวณปลายนิ้วที่จะทำการเจาะเลือด เจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว เช็ดเลือดหยดแรกออก และหยดเลือดหยดที่ 2 ลงบนแถบตรวจ ปริมาณ 1 หยด
4. นำแถบตรวจเข้าเครื่องวิเคราะห์ความเข้มข้นของระดับน้ำตาลในเลือด โดยใช้ เครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa

รูปที่ 17 เครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Performa

รูปที่ 18 เข็มเจาะเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek Safe-T-Pro Plus

รูปที่ 19 แอลกอฮอล์ และสำลี สำหรับทำความสะอาดนิ้วก่อนเจาะเลือด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 Borg's scale (0-10) สำหรับประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion)

ระดับ	ความหมาย
0	ไม่มีอาการเลย
1	เริ่มรู้สึกเหนื่อยน้อยมากๆ
2	น้อย
3	ปานกลาง
4	ค่อนข้างเหนื่อย
5	ค่อนข้างมาก
6	
7	มาก
8	เหนื่อยมากๆ
9	ใกล้เหนื่อยที่สุด
10	เหนื่อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่มา : ดัดแปลงจาก (Crawford, et al., 2018)

การประเมินการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย (fluid loss)

วัดการสูญเสียน้ำ (fluid loss) โดยการสูญเสียน้ำหาได้จากผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเพศชายจำนวน 1 คนจะเป็นผู้ชั่งน้ำหนักผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยสวมเสื้อและสวมกางเกง ขาสั้นลำลอง ทั้งนี้ ผู้ช่วยผู้วิจัยจะชั่งน้ำหนักเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลองที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยเตรียมมา ก่อนดำเนินการชั่งน้ำหนัก จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ ผู้ช่วยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกผล ผู้วิจัยนำน้ำหนักของผู้เข้าร่วมการวิจัยมาหาผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบและหักน้ำหนักเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลองออก จะทำให้ได้ปริมาณการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ

สูตรการคำนวณปริมาณการสูญเสียน้ำก่อนและหลังการออกกำลังกาย

น้ำหนักตัวก่อนการออกกำลังกายขณะสวมเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลอง – น้ำหนักของเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลอง = น้ำหนักตัวก่อนการออกกำลังกาย

น้ำหนักตัวหลังการออกกำลังกายขณะสวมเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลอง – น้ำหนักของเสื้อและกางเกงขาสั้นลำลอง = น้ำหนักตัวหลังการออกกำลังกาย

สูตรการคำนวณปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย

น้ำหนักตัวก่อนออกกำลังกาย – น้ำหนักตัวหลังจากออกกำลังกาย = ปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย

รูปที่ 20 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tanita รุ่น UM-051 ขนาด 150 กก.

ภาคผนวก ฌ

แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลขณะออกกำลังกาย

การดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินก่อนการออกกำลังกาย

ด้วยความเร็วที่ VT_1 และ VT_2 ของ Vo_2max

ผู้เข้าร่วมการวิจัย Code number.....

Vo2max (ml/kg/min).....

ความเร็วที่ VT_1.....Km/h ความเร็วที่ VT_2.....Km/h

ปริมาณการสูญเสียน้ำ

น้ำหนักของกางเกงขาสั้นลำลอง.....Kg

น้ำหนักตัวก่อนการออกกำลังกาย (สวมกางเกง) .....Kg น้ำหนักตัวก่อนการออกกำลังกาย.....Kg

น้ำหนักตัวหลังการออกกำลังกาย (สวมกางเกง).....Kg น้ำหนักตัวหลังการออกกำลังกาย.....Kg

ปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย.....Kg

การซ้อมวิ่ง

☐ มีการซ้อมวิ่งสัปดาห์ละ 3-5 วัน ระยะรวม 50-80 กิโลเมตร/สัปดาห์

โรคประจำตัว

☐ ไม่มี ☐ มี .....

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (maximum heart rate)..... (Bpm)

ช่วงเวลา	**อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)**	**ระดับน้ำตาลในเลือด (mg/dL)**	**ระดับแลคเตทในเลือด (mmol/L)**	**ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (RPE)**	**หมายเหตุ**
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม					
ก่อนออกกำลังกาย					
นาทีที่ 30					
หลังออกกำลังกายทันที					

ระยะเวลาการออกกำลังกายทั้งหมด (total treadmill time).....

เหตุผลในการหยุดออกกำลังกาย (reason for termination).....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึกผลการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลขณะออกกำลังกาย

การทดสอบการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสก่อนการออกกำลังกาย

ด้วยความเร็วที่ VT_1 และ VT_2 ของ Vo_2max

ผู้เข้าร่วมการวิจัย Code number.....

Vo2max (ml/kg/min).....

ความเร็วที่ VT_1.....Km/h ความเร็วที่ VT_2.....Km/h

ปริมาณการสูญเสียน้ำ

น้ำหนักของกางเกงขาสั้นลำลอง.....Kg

น้ำหนักตัวก่อนการออกกำลังกาย (สวมกางเกง) .....Kg น้ำหนักตัวก่อนการออกกำลังกาย.....Kg

น้ำหนักตัวหลังการออกกำลังกาย (สวมกางเกง).....Kg น้ำหนักตัวหลังการออกกำลังกาย.....Kg

ปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย.....Kg

การซ้อมวิ่ง

☐ มีการซ้อมวิ่งสัปดาห์ละ 3-5 วัน ระยะรวม 50-80 กิโลเมตร/สัปดาห์

โรคประจำตัว

☐ ไม่มี ☐ มี .....

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (maximum heart rate)..... (bpm)

ช่วงเวลา	**อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)**	**ระดับน้ำตาลในเลือด (mg/dL)**	**ระดับแลคเตทในเลือด (mmol/L)**	**ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (RPE)**	**หมายเหตุ**
ก่อนดื่มเครื่องดื่ม					
ก่อนออกกำลังกาย					
นาทีที่ 30					
หลังออกกำลังกายทันที					

ระยะเวลาการออกกำลังกายทั้งหมด (total treadmill time).....

เหตุผลในการหยุดออกกำลังกาย (reason for termination).....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึกผลการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ญ

วิธีการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

1. เตรียมกระติกน้ำ
2. ใส่เครื่องดื่มทั้งสองชนิดในรูปแบบบรรจุขวดลงในกระติกน้ำ
3. ใส่น้ำแข็งลงในกระติกน้ำ ปริมาณ 1 ส่วน 2 ของกระติกน้ำ
4. เติมน้ำอุณหภูมิปกติ ปริมาณ 2 ส่วน 3 ของกระติกน้ำ
5. ใช้เทอโมมิเตอร์ ขนาด 30 เซนติเมตร (0-100 องศาเซลเซียส) จุ่มลงในกระติกน้ำเพื่อวัดอุณหภูมิให้ได้ 4 องศาเซลเซียส
6. หากอุณหภูมิสูงกว่า 4 องศาเซลเซียสให้เติมน้ำแข็งเพิ่ม และหากอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียสให้เติมน้ำอุณหภูมิปกติลงไป จนกว่าอุณหภูมิจะถึง 4 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 20

รูปที่ 21 วิธีการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

ภาคผนวก ฎ

วิธีการปรับรสชาติของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

การเตรียมเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน

ในการเตรียมเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน จะต้องมีการปรับรสชาติ (ความหวาน) ให้เหมือนกับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถรับรู้ความแตกต่างระหว่างเครื่องดื่มทั้งสองชนิดได้ และเนื่องจากไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินเป็นสารที่ไม่มีรสชาติ ไม่มีความหวาน ดังนั้นในการเตรียมเครื่องดื่ม ฯ จึงต้องใช้สารให้ความหวานทดแทนที่สามารถให้รสสัมผัสได้ใกล้เคียงกับกลูโคสที่สุด คือ หญ้าหวานหรือสตีวิโอไซด์ (stevioside)

การปรับรสชาติทำได้โดยการเทียบค่าความหวาน (relative sweetness) ของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสและสารให้ความหวานมาตรฐานหรือซูโครส (sucrose) ซึ่งมีค่าความหวานเท่ากับ 1 (Rippe, 2014) หลังจากนั้นจึงนำไปคำนวณหาปริมาณหญ้าหวานหรือสตีวิโอไซด์ที่ต้องใช้ผสมในเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ ไซคลิกเด็กซ์ตรินเพื่อให้ได้ความหวานเทียบเท่ากับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคส

จากตารางค่าความหวาน (Relative sweetness) (Rippe, 2014) พบว่ากลูโคสมีค่าความหวานเท่ากับ 0.56 (Rippe, 2014) และหญ้าหวานมีค่าความหวานเท่ากับ 300

<u>การคำนวณ</u>

ถ้าต้องการความหวานให้เทียบเท่าซูโครส 15 กรัม

ใช้ กลูโคส $\frac{15}{0.56}$ = = 26.786 กรัม

ดังนั้น ใช้ หญ้าหวาน = $\frac{15}{300}$ = 0.05 กรัม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฏ

การเตรียมความพร้อมของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนและหลังการทดสอบ

<u>การอบอุ่นร่างกายก่อนการทดสอบและการคลายอุ่นร่างกายหลังการทดสอบ</u>

ท่าที่ 1 การยืดกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (gastrocnemius)

วิธีปฏิบัติ ยืนลำตัวตรง แขนทั้งสองข้างแนบลำตัว เท้าทั้งสองข้างแยกออกห่างกันเล็กน้อย กระดกปลายเท้าขึ้น ค้างไว้ 15 วินาที ดังรูปที่ 22

รูปที่ 22 การยืดกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (gastrocnemius)

ท่าที่ 2 การยืดกล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstrings)

วิธีปฏิบัติ ก้าวเท้าข้างขวาออกไปด้านหน้า กระดกปลายเท้าขึ้น ก้มตัวลงมือจับข้อเท้า ค้างไว้ 15 วินาที และสลับข้างปฏิบัติ ดังรูปที่ 23

รูปที่ 23 การยืดกล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstrings)

ท่าที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps)

วิธีปฏิบัติ ยกขาข้างใดข้างหนึ่งไปด้านหลัง มือจับปลายเท้าและดึงเข้าหาลำตัว ค้างไว้ 15 วินาที และสลับข้างปฏิบัติ ดังรูปที่ 24

รูปที่ 24 การยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps)

ท่าที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อส่วนต้นขาด้านใน (Inner thigh muscle)

วิธีปฏิบัติ ยืนแยกเท้ากว้างกว่าช่วงหัวไหล่ ปลายเท้าชี้ไปด้านหน้า ย่อตัวลงข้างใดข้างหนึ่ง มือทั้งสองข้างจับหัวเข่าเพื่อทรงตัว ค้างไว้ 15 วินาที และสลับข้างปฏิบัติ ดังรูปที่ 25

รูปที่ 25 การยืดกล้ามเนื้อส่วนต้นขาด้านใน (Inner thigh muscle)

ท่าที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อแลทิสสิมัส ดอซี่ (latissimus dorsi)

วิธีปฏิบัติ นั่งวางเข่าข้างใดข้างหนึ่ง และตั้งเข่าอีกข้างหนึ่ง ยกมือขึ้นและแอนตัวไปด้านที่วางเข่าค้างไว้ 15 วินาที และสลับข้างปฏิบัติ ดังรูปที่ 26

รูปที่ 26 การยืดกล้ามเนื้อแลทิสสิมัส ดอซี่ (latissimus dorsi)

ท่าที่ 6 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหลังสะโพก (glutes muscle)

วิธีปฏิบัติ ยกขาข้างใดข้างหนึ่งไปด้านหน้า จังหวะต่อไป เหยียดขาไปด้านหลังพร้อมสลับมือตามจังหวะ ปฏิบัติ15 ครั้ง และสลับข้างปฏิบัติ ดังรูปที่ 27

รูปที่ 27 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหลังสะโพก (glutes muscle)

ท่าที่ 7 การยืดกล้ามเนื้อการยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps) โดยการวิ่งยกเข่า
วิธีปฏิบัติ ยกขาข้างใดข้างหนึ่งไปด้านหน้า จังหวะต่อไป ยกขาอีกข้างหนึ่งสลับขึ้นลงต่อเนื่อง 15 ครั้ง ดังรูปที่ 28

รูปที่ 28 การยืดกล้ามเนื้อการยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps) โดยการวิ่งยกเข่า

ท่าที่ 8 การยืดกล้ามเนื้อการยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps) โดยการงอเข่า
วิธีปฏิบัติ ยกส้นเท้าข้างใดข้างหนึ่งไปด้านหลัง จังหวะต่อไป ยกส้นเท้าอีกข้างหนึ่งสลับขึ้นลงต่อเนื่อง 15 ครั้ง ดังรูปที่ 29

รูปที่ 29 การยืดกล้ามเนื้อการยืดกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็บส์ (quadriceps) โดยการงอเข่า

ท่าที่ 9 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหน้าอก (pectoralis)

วิธีปฏิบัติ ยืนก้าวเท้าข้างใดข้างหนึ่งไปข้างหน้า โดยหน้ากำแพงลักษณะหันหลัง นำมือข้างเดียวกับขาด้านหลังแตะกำแพงให้อยู่แนวเดียวกับหัวไหล่ หันหน้าไปด้านหน้า ค้างไว้ 15 วินาที และสลับข้างปฏิบัติ ดังรูปที่ 30

รูปที่ 30 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหน้าอก (pectoralis)

ท่าที่ 10 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหัวไหล่ (deltoid)

วิธีปฏิบัติ ยืนแยกเท้ากว้างช่วงหัวไหล่ ยกมือข้างใดข้างหนึ่ง แขนทั้งสองข้างเหยียดตรง ยกมือสลับขึ้นลง 15 ครั้ง ดังรูปที่ 31

รูปที่ 31 การยืดกล้ามเนื้อส่วนหัวไหล่ (deltoid)

หลังจากการคลายอุ่นร่างกาย ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยดื่มน้ำปริมาณ 600 มิลลิลิตร โดยดื่มทีละน้อย เพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไประหว่างการทดสอบ และแนะนำให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทานอาหารมื้อปกติที่มีคาร์โบไฮเดรตในปริมาณ 1.0–1.2 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ร่วมกับโปรตีน ในปริมาณ 0.3–0.4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ภายใน 2 ชั่วโมงหลังจากการทดสอบเพื่อฟื้นสภาพของร่างกาย

ภาคผนวก ฐ

ประเมินคุณภาพ IOC

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบการทดลอง

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.นาทรพี ผลใหญ่	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. น.ส. ประจงเวท สาตมาลี	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. อาจารย์สมนึก สมนาค	ผู้ฝึกสอนชมรมกรีฑา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

(Index of Item – Objective Congruence; IOC)

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย)

ผลของเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอน

ชื่อเรื่อง (ภาษาอังกฤษ)

EFFECTS OF HIGHLY BRANCHED CYCLIC DEXTRIN DRINK ON ENDURANCE PERFORMANCE IN MARATHON RUNNERS

ชื่อผู้วิจัย นางสาวจุฑามาศ ฉุยฉาย รหัสนิสิต 6178402339

แขนงวิชา การเสริมสร้างสมรรถนะทางการกีฬา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. คนางค์ ศรีหิรัญ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD(HBCD) ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย

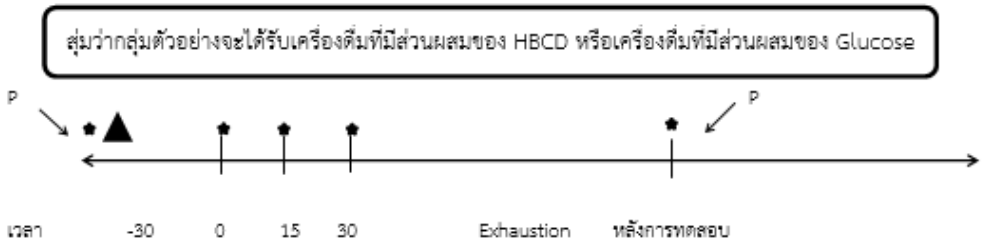
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของ HBCD(HBCD) กับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของกลูโคสที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย

แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบการทดลองการดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน (HBCD) ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย

เรียน ผู้ทรงคุณวุฒิขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิ พิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อให้สอดคล้องกับรูปแบบการทดสอบสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชายในการทดลองการดื่มเครื่องดื่มไฮลี่บรานซ์ไซคลิกเด็กซ์ตริน โดยใช้รูปแบบการทดสอบในตารางข้างต้นว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

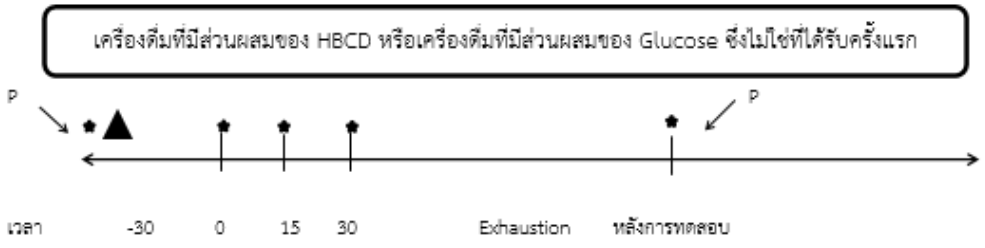
แผนภูมิขั้นตอนการทดลอง

การวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและปกปิดสองทาง (Double-blind study)



ระหว่างพัก----ออกกำลังกายด้วยความเร็วที่ VT_1 (30นาที) และ VT_2 (จนเหนื่อยหมดแรง) ------หลังออกกำลังกาย

เว้นระยะห่างการทดสอบ 2 สัปดาห์ (Wash out)



ระหว่างพัก----ออกกำลังกายด้วยความเร็วที่ VT_1 (30นาที) และ VT_2 (จนเหนื่อยหมดแรง) ------หลังออกกำลังกาย

P = ชั่งน้ำหนัก

▲ = การดื่มเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิด

★ = วัดอัตราการเต้นของหัวใจ, เจาะเลือดวัดระดับน้ำตาลในเลือด,
วัดระดับแลคเตทในเลือดและวัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย

เนื้อหา	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	+1	0	-1 (ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
1. การวิจัยเชิงทดลองแบบปกปิดสองทาง (Double blind)			
2. เกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง			
3. ผู้เข้าร่วมการวิจัย งดอาหารก่อนการทดสอบ 6 ชั่วโมง			
4. บันทึกพฤติกรรมการบริโภคอาหารและกิจกรรมทางกายก่อนการทดสอบ 3 วัน			
5. การเก็บข้อมูล			
5.1 เก็บข้อมูลโดยองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)			
5.2 เก้บข้อมูลสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Vo_2max) ด้วยวิธีของ Ramp			
5.3 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องดื่ม HBCD			
5.4 การเก็บข้อมูลตัวแปร ระดับน้ำตาลในเลือด , ระดับแลคเตทในเลือด, HR และ RPE ระหว่างการออกกำลังกายทุก 15 นาที			
6. เว้นระยะห่างการทดสอบชนิดของเครื่องดื่ม 2 สัปดาห์			
7. การอบอุ่นร่างกายและการปฏิบัติตนหลังการทดสอบ			
รวม 10 ข้อ			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

+1 หมายถึง มีความเหมาะสมในรูปแบบการทดลอง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในรูปแบบการทดลอง

-1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในรูปแบบการทดลอง

ความคิดเห็นเพิ่มเติมของผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

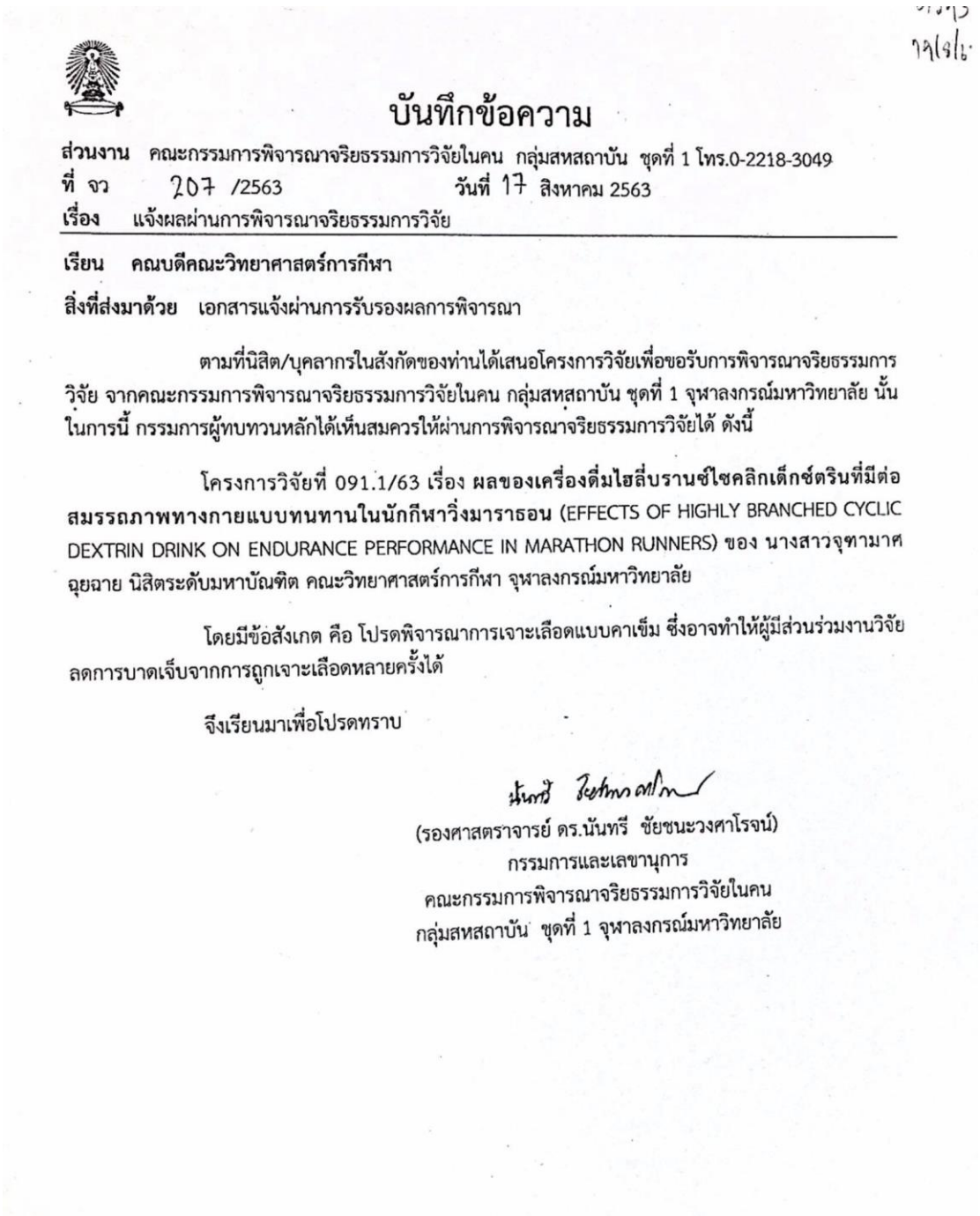
ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบการทดลอง

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบการทดลอง การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence; IOC)						
เนื้อหา	**ผลการพิจารณา**					**เฉลี่ย**
	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 1	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 2**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 3**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 4**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 5**	
1. การวิจัยเชิงทดลองแบบปกปิดสองทาง (Double blind)	1	1	1	1	0	0.8
2. เกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง	1	1	0	1	0	0.6
3. ผู้เข้าร่วมการวิจัย งดอาหารก่อนการทดสอบ 6 ชั่วโมง	1	1	0	1	0	0.6
4. บันทึกพฤติกรรมการบริโภคอาหารและกิจกรรมทางกายก่อนการทดสอบ 3 วัน	1	1	1	1	0	0.8
5. การเก็บข้อมูล						
5.1 เก็บข้อมูลโดยองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)	1	1	1	1	0	0.8
5.2 เก้บข้อมูลสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Vo_2max) ด้วยวิธีของ Ramp	1	1	1	1	0	0.8
5.3 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องดื่ม HBCD	1	1	1	1	-1	0.6
5.4 การเก็บข้อมูลตัวแปร ระดับน้ำตาลในเลือด, ระดับแลคเตทในเลือด, HR และ RPE ระหว่างการออกกำลังกายทุก 15 นาที	1	1	0	1	0	0.6
6. เว้นระยะห่างการทดสอบชนิดของเครื่องดื่ม 2 สัปดาห์	1	1	1	1	0	0.8
7. การอบอุ่นร่างกายและการปฏิบัติตนหลังการทดสอบ	1	1	0	1	0	0.6
รวม	1	1	0.6	1	-0.1	0.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฑ

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3049
ที่ จว 207 /2563 **วันที่** 17 สิงหาคม 2563
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 091.1/63 เรื่อง **ผลของเครื่องดื่มไฮลี่บรานช์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอน** (EFFECTS OF HIGHLY BRANCHED CYCLIC DEXTRIN DRINK ON ENDURANCE PERFORMANCE IN MARATHON RUNNERS) ของ นางสาวจุฑามาศ ฉุยฉาย นิสิตระดับมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยมีข้อสังเกต คือ โปรดพิจารณาการเจาะเลือดแบบคาเข็ม ซึ่งอาจทำให้ผู้มีส่วนร่วมงานวิจัยลดการบาดเจ็บจากการถูกเจาะเลือดหลายครั้งได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AF 02-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 177/2563

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 091.1/63 : ผลของเครื่องดื่มไฮลี่บรานช์ไซคลิกเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวจุฑามาศ ฉุยฉาย

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณาโดยใช้หลักของ Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, มาตรฐานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (มคจค.) 2560, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

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

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

วันที่รับรอง : 10 สิงหาคม 2563 **วันหมดอายุ** : 9 สิงหาคม 2564

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม
5) ใบประชาสัมพันธ์

รับรองโดย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ลำดับที่โครงการวิจัย 091.1/63
วันที่รับรอง 10 ส.ค. 2563
วันหมดอายุ 9 ส.ค. 2564

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. หากยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนดต้องแจ้งคณะกรรมการฯ ภายใน 2 สัปดาห์พร้อมเหตุผล
8. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 01-15) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น
9. โครงการวิจัยที่มีหลายระยะ จะรับรองโครงการเป็นระยะ เมื่อดำเนินการวิจัยในระยะแรกเสร็จสิ้นแล้ว ให้ดำเนินการส่งรายงานความก้าวหน้า พร้อมโครงการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในระยะถัดไป
10. คณะกรรมการฯ สงวนสิทธิ์ในการตรวจเยี่ยมเพื่อติดตามการดำเนินการวิจัย
11. สำหรับโครงการวิจัยจากภายนอก ผู้บริหารส่วนงาน กำกับการดำเนินการวิจัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

คณิตสรณ์ สัมฤทธิ์เดชขจร. (2551). **อาหารสำหรับนักกีฬา**.สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562, จากhttps://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/239_55-60-edit.pdf.

จันทรัตน์ หิรัญกิจรังษี. (2562). **รอบรู้เรื่องการวิ่ง**. สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562, จาก https:// il.mahidol.ac.th/th/i-Learning-Clinic/general-articles/รอบรู้เรื่องการวิ่ง-running-knowledge/.

เชาว์ ชิโนรักษ์ และ พรรณี ชิโนรักษ์. (2552). **ชีววิทยา 1**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศิลปาบรรณาคาร.

ณธีรา เฮงเจริญ. (2555). **ผลของการดื่มนมช็อคโกแลตที่มีต่อคาร์โบไฮเดรตออกซิเดชั่น และระยะเวลาการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงในเยาวชนชาย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต), คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดนยา สุเวทเวทิน. (2562). **วิ่ง สสส.จอมบึงมาราธอน 2019 ปีที่ 34 สุดคึกคัก**. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562, จาก https://www.thaihealth.or.th/Content/47010-วิ่ง /'สสส.จอมบึงมาราธอน 2019/' ปีที่ 34 สุดคึกคัก.html.

ดาวัลย์ ฉิมภู่. (2553). **ชีวเคมี**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถาวร กมุทศรี, อารมย์ ตรีราช, อรวรรณ เจริญผล, สินตยา ชูดำ, วัฒนชัย หาทรัพย์ และ นลินรัตน์ สมหวัง. (2562). **การพัฒนาเกณฑ์สมรรถภาพทางกาย นักกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย**.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา ปีที่19 ฉบับที่ 1. หน้า 69- 90.

ทรงศักดิ์ รักพ่วง. (2561). **การศึกษาเครือข่ายทางสังคมของกลุ่มนักวิ่งมาราธอน. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์**. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562 จาก http://repository.nida.ac.th/handle/662723737/4480.

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล. (2552). **หลักวิทยาศาสตร์ในการฝึกกีฬา**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรีรัตน์ บุตรบุญปั้น. (2555). **ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาสถาบันพลศึกษาวิทยาเขตชลบุรี**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วาสนา คุณาอภิสิทธ์. (2541). **หลักสูตรพลศึกษา**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

สนธยา สีละมาด. (2551). **หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มหาวิทยาลัย.

สมาคมกีฬากรีฑาแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2562). **ประเภทของกรีฑา**. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม2562, จาก http://www.aat.or.th/home/index.php?option=com_content &view =category &layout=blog&id=19&Itemid=147.

สมาคมส่งเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพไทย. (2562). **แนวทางการคัดกรองกลุ่มเสี่ยงต่อการมีกิจกรรมทางกายในระดับปานกล่างและหนักด้วย PAR-Q-plus**. สืบค้นเมื่อ 14 เมษายน 2563 จาก http://doh.hpc.go.th/data/HL/PAR_Q_plus_2019.pdf .ณ าอภิสิทธ์, ว. (2541). หลักสูตรพลศึกษา. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

ภาษาอังกฤษ

Almoosawi, S., Tsang, C., Ostertag, L. M., Fyfe, L., & Al-Dujaili, E. A. (2012). Differential effect of polyphenol-rich dark chocolate on biomarkers of glucose metabolism and cardiovascular risk factors in healthy, overweight and obese subjects: a randomized clinical trial. *Food & function,* 3(10), 1035-1043.

Arkinstall, M. J., Bruce, C. R., Nikolopoulos, V., Garnham, A. P., & Hawley, J. A. (2001). Effect of carbohydrate ingestion on metabolism during running and cycling. *Journal of Applied Physiology,* 91(5), 2125-2134.

Athletics, W. (2019). World rankings. Retrieved from https://www.worldathletics.org/worldrankings/marathon/men?regionType=world &page=1&rankDate=2019-12-17&limitByCountry=0.

Azevedo Jr, J. L., Tietz, E., Two-Feathers, T., Paull, J., & Chapman, K. (2007). Lactate, fructose and glucose oxidation profiles in sports drinks and the effect on exercise performance. *PLoS One,* 2(9), e927.

Burke, L. M., Wood, C., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Saunders, P. U. (2005). Effect of carbohydrate intake on half-marathon performance of well-trained runners. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism,* 15(6), 573-589.

Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y., Galy, O., Sghaier, F., Chatard, J., . . . Wisløff, U. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *British journal of sports medicine,* 38(2), 191-196.

Costa, R. J., Knechtle, B., Tarnopolsky, M., & Hoffman, M. D. (2019). Nutrition for

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ultramarathon running: Trail, track, and road. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism,* 29(2), 130-140.

Coyle, E. F. (2007). Physiological regulation of marathon performance. *Sports Medicine,* 37(4-5), 306-311.

Crawford, D. A., Drake, N. B., Carper, M. J., DeBlauw, J., & Heinrich, K. M. (2018). Validity, reliability, and application of the session-RPE method for quantifying training loads during high intensity functional training. *Sports,* 6(3), 84.

Foss, M. L., & Keteyian, S. J. (1998). *Fox's physiological basis for exercise and sport*: William C. Brown.

Furuyashiki, T., Tanimoto, H., Yokoyama, Y., Kitaura, Y., Kuriki, T., & Shimomura, Y. (2014). Effects of ingesting highly branched cyclic dextrin during endurance exercise on rating of perceived exertion and blood components associated with energy metabolism. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry,* 78(12), 2117-2119.

Gail Jenkins, C. K., Gerard J. Tortora (2013). *Anatomy & Physiology from science to life*: Wileyplus.

Jeukendrup, A. E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition,* 20(7-8), 669-677.

Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of sports sciences,* 29(sup1), S91-S99.

Joyner, M. J., & Casey, D. P. (2015). Regulation of increased blood flow (hyperemia) to muscles during exercise: a hierarchy of competing physiological needs. *Physiological reviews*.

Kadota, K., Nishimura, T., Hotta, D., & Tozuka, Y. (2015). Preparation of composite particles of hydrophilic or hydrophobic drugs with highly branched cyclic dextrin via spray drying for dry powder inhalers. *Powder Technology,* 283, 16-23.

KATZ, A., & SAHLIN, K. (1990). Role of oxygen in regulation of glycolysis and lactate production in human skeletal muscle. *Exercise and sport sciences reviews,* 18(1), 1-28.

Kenefick, R. W., & Sawka, M. N. (2007). Heat exhaustion and dehydration as causes of marathon collapse. *Sports Medicine,* 37(4-5), 378-381.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Kreider, R., . . . Landis, J. (2008). International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition,* 5(1), 1-12.

Kilding, A., Winter, E., & Fysh, M. (2006). A comparison of pulmonary oxygen uptake kinetics in middle-and long-distance runners. *International journal of sports medicine,* 27(05), 419-426.

Kulaksız, T., Koşar, Ş., Bulut, S., Güzel, Y., Willems, M., Hazir, T., & Turnagöl, H. (2016). Mouth rinsing with maltodextrin solutions fails to improve time trial endurance cycling performance in recreational athletes. *Nutrients*, 8(5), 269.

Lee, J. K., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (2008). Cold drink ingestion improves exercise endurance capacity in the heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 40(9), 1637-1644.

Lee, M., Hammond, K., Vasdev, A., Poole, K., Impey, S., Close, G., & Morton, J. (2014). Self-selecting fluid intake while maintaining high carbohydrate availability does not impair half-marathon performance. *International journal of sports medicine,* 35(14), 1216-1222.

Maughan, R., & Shirreffs, S. (2010). Dehydration and rehydration in competative sport. *Scandinavian journal of medicine & science in sports,* 20, 40-47.

McCormick, A., Meijen, C., & Marcora, S. (2015). Psychological determinants of whole-body endurance performance. *Sports medicine,* 45(7), 997-1015.

Mikkola, J., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Häkkinen, K., & Nummela, A. (2011). Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *Journal of Sports Sciences,* 29(13), 1359-1371.

Miller, R. A., & Birnbaum, M. J. (2016). Glucagon: acute actions on hepatic metabolism. *Diabetologia,* 59(7), 1376-1381.

Mooses, M., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Mooses, K., & Jürimäe, T. (2013). Anthropometric and physiological determinants of running performance in middle-and long-distance runners. *Kinesiology,* 45(2), 154-162.

Osiecki, R., Malfatti, C. R. M., de Laat, E. F., Soler, L. T., Bronkhorst, I. W., Hlatiki, A. K., & Juruena, G. S. (2009). Maltodextrin Supplementation Enhanced Performance In

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Elite Athletes Of Mountain Biking During Competition: 1455Board# 57 May 27 11: 00 AM-12: 30 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 41(5), 19.

Pallarés, J. G., Morán-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E., & Mora-Rodriguez, R. (2016). Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. *PloS one,* 11(9), e0163389.

Portman, R. (2006). Sports drink composition for enhancing glucose uptake into the muscle and extending endurance during physical exercise. In: Google Patents.

Rehrer, N. J. (2001). Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Medicine,* 31(10), 701-715.

Rippe, J. M. (2014). Fructose, high fructose corn syrup, sucrose, and health: modern scientific understandings. In *Fructose, High Fructose Corn Syrup, Sucrose and Health* (pp. 3-12): Springer.

Segal, M. S., Gollub, E., & Johnson, R. J. (2007). Is the fructose index more relevant with regards to cardiovascular disease than the glycemic index? *European journal of nutrition,* 46(7), 406.

Shiraki, T., Kometani, T., Yoshitani, K., Takata, H., & Nomura, T. (2015). Evaluation of Exercise Performance with the Intake of Highly Branched Cyclic Dextrin in Athletes. *Food Science and Technology Research,* 21(3), 499-502.

Shirreffs, S. (2009). Hydration in sport and exercise: water, sports drinks and other drinks. *Nutrition bulletin,* 34(4), 374-379.

Suzuki, K., Shiraishi, K., Yoshitani, K., Sugama, K., & Kometani, T. (2014). Effect of a sports drink based on highly-branched cyclic dextrin on cytokine responses to exhaustive endurance exercise. *The Journal of sports medicine and physical fitness,* 54(5), 622.

Swart, J., & Jennings, C. (2004). Use of blood lactate concentration as a marker of training status. *South African journal of sports medicine,* 16(3), 1-5.

Takii, H., Takii, Y., Kometani, T., Nishimura, T., Nakae, T., Kuriki, T., & Fushiki, T. (2005). Fluids containing a highly branched cyclic dextrin influence the gastric emptying rate. *International journal of sports medicine,* 26(04), 314-319.

Urdampilleta, A., Gómez-Zorita, S., Soriano, J. M., Martínez-Sanz, J. M., Medina, S., & Gil-Izquierdo, A. (2015). Hydration and chemical ingredients in sport drinks: food

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

safety in the European context. *Nutrición Hospitalaria,* 31(5), 1889-1899.

Wang, Q. (2009). Effects Of Carbohydrate-peptide Sports Drink Use On Performance, Blood Glucose And Insulin Level: 1466Board# 68 May 27 11: 00 AM-12: 30 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 41(5), 21-22.

Wong, E. (2014). *Cells - Molecules and Mechanisms*: Axolotl Academica Publishing.

Yu, M., Blomstrand, E., Chibalin, A. V., Krook, A., & Zierath, J. R. (2001). Marathon running increases ERK1 / 2 and p3 8 MAP kinase signalling to downstream targets in human skeletal muscle. *The Journal of physiology,* 536(1), 273-282.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	จุฑามาศ ฉุยฉาย
วัน เดือน ปี เกิด	3 เมษายน 2535
สถานที่เกิด	นครราชสีมา
วุฒิการศึกษา	ศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	โรงเรียนวัดราชาธิวาส เลขที่ 4 สามเสน ซอย 9 แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University