

ผลของการได้รับค่าเฟ้อระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพความอดทนในนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF CAFFEINE INGESTION DURING EVENT ON ENDURANCE
PERFORMANCE IN MALE HALF MARATHON RUNNERS



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 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการได้รับคาเฟอีนระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพความอดทนในนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย
โดย	นายรัฐพงษ์ สีพิกา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัติพร นกแก้ว

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ประธานกรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร)
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัติพร นกแก้ว)
.....	กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด)

นัฐพงษ์ สีพิทา : ผลของการได้รับคาเฟอีนระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพความอดทนในนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย . (THE EFFECTS OF CAFFEINE INGESTION DURING EVENT ON ENDURANCE PERFORMANCE IN MALE HALF MARATHON RUNNERS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.ณัติพร นกแก้ว

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการได้รับคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหารในนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย นักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชายที่ฝึกฝนมาอย่างดีจำนวน 8 คนเข้าร่วมในการศึกษานี้ การศึกษานี้เป็นการทดลองแบบไขว้ อำพรางฝ่ายเดียว และสุ่มลำดับ กลุ่มตัวอย่าง จะได้รับการสุ่มลำดับการทดสอบ 3 เงื่อนไข ได้แก่ 1) ดื่มเครื่องดื่ม 150 มล. ที่มีส่วนผสมคาเฟอีนปริมาณ 6 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก. 60 นาที ก่อนการวิ่ง และดื่มอีกครั้งในปริมาณ 3 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก. ในนาที่ที่ 45 ระหว่างการวิ่ง (รับคาเฟอีนก่อนและระหว่างการวิ่ง), 2) ดื่มเครื่องดื่ม 150 มล. ที่มีส่วนผสมคาเฟอีนปริมาณ 6 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก. 60 นาที ก่อนการวิ่ง และในนาที่ที่ 45 ระหว่างการวิ่งได้รับยาหลอก (รับคาเฟอีนก่อนวิ่งเพียงครั้งเดียว) และ 3) ดื่มเครื่องดื่ม 150 มล. ที่เป็นยาหลอกทั้งก่อนและระหว่างการวิ่ง (ยาหลอก) กลุ่มตัวอย่างทดสอบการวิ่งจนถึงระยะเวลาเหนื่อยหมดแรงบนลูกลูกไฟฟ้าเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร โดยระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด อาการของระบบทางเดินอาหาร และระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย วิเคราะห์ผลด้วยด้วยวิธีทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทาง ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง และปริมาณการสูญเสียเหงื่อ วิเคราะห์ผลด้วยด้วยวิธีทดสอบแบบเกี่ยวข้อกันแบบทางเดียว กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย การรับคาเฟอีนก่อนวิ่งเพียงครั้งเดียว (6 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก.) มีผลทำให้ระยะเวลาของการวิ่งจนเหนื่อยหมดแรงยาวนานกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับยาหลอก (2.29%) การรับคาเฟอีนก่อนและระหว่างการวิ่ง มีผลต่อระดับกรดไขมันอิสระในเลือด โดยพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มยาหลอก ระดับของกรดแลคติกในเลือด และอาการของระบบทางเดินอาหารของกลุ่มที่ได้รับคาเฟอีนก่อนและระหว่างการวิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับคาเฟอีนก่อนการวิ่งเพียงครั้งเดียวและกลุ่มยาหลอก และการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ระดับน้ำตาลในเลือด และปริมาณการสูญเสียเหงื่อ ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน

สรุปผลวิจัย การได้รับคาเฟอีน 6 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก. ก่อนการวิ่ง อาจสามารถเพิ่มสมรรถภาพความอดทนในนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนได้ดีกว่าการได้รับคาเฟอีน 6 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก. 60 นาที ก่อนการวิ่ง และ 3 มก. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก. ในนาที่ที่ 45 ระหว่างการวิ่ง

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต
ปีการศึกษา	2564	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6370009539 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE

KEYWORD: Caffeine/ Half marathon runner/ Endurance performance/ Blood free fatty acids level

Natthapong Seepika : THE EFFECTS OF CAFFEINE INGESTION DURING EVENT ON ENDURANCE PERFORMANCE IN MALE HALF MARATHON RUNNERS. Advisor: Asst. Prof. NATTIPORN NOKKAEW, Ph.D.

The purpose of this study was to examine the effects of caffeine ingestion during event on endurance performance, biochemical responses, and gastrointestinal symptoms in male half marathon runners. Eight male, well-trained half marathon runners were participated in this randomized, single-blinded, crossover trial. Participants were randomly undergone 3 conditions; 1) ingested 150 ml fluid containing 6 mg·kg⁻¹ BM of caffeine 60 min before exercise and 150 ml fluid containing 3 mg·kg⁻¹ BM of caffeine at 45 min during exercise (PRE&DUR CAF), 2) ingested 150 ml fluid containing 6 mg·kg⁻¹ BM of caffeine 60 min before exercise and 150 ml fluid with placebo at 45 min during exercise and (PRE CAF) 3) ingested 150 ml fluid with placebo 60 min before exercise and 150 ml fluid with placebo at 45 min during exercise (PLA). Participants performed the time to exhaustion test on a motorized treadmill to determine the endurance performance, biochemical responses, and gastrointestinal symptoms. Serum caffeine concentrations, serum free fatty acid concentrations, serum glucose concentrations, blood lactate concentrations, gastrointestinal symptoms, and RPE were analyzed using a two-way analysis of variances (ANOVA). Time to exhaustion and fluid loss were analyzed using a one-way analysis of variances (ANOVA). Statistical significance was accepted at $p < 0.05$ for all tests.

Results indicated significant increases in time to exhaustion in PRE CAF condition compared to PLA condition (2.29%). However, serum FFAs concentrations in PRE&DUR CAF condition was significantly higher than PLA condition, blood lactate concentrations and gastrointestinal symptoms in PRE&DUR CAF condition was significantly different from PRE CAF and PLA conditions, and RPE, serum glucose concentrations, and fluid loss were not significantly different.

In conclusion, consumption of 6 mg·kg⁻¹ BM of caffeine 60 min before exercise may improve endurance performance in male half-marathon runners compare to consumption of 6 mg·kg⁻¹ BM of caffeine 60 min before exercise and 3 mg·kg⁻¹ BM of caffeine at 45 min during exercise.

Field of Study: Sports and Exercise Science

Student's Signature

Academic Year: 2021

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณในความเมตตากรุณาที่ได้รับจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฌติพร นกแก้ว ผู้ที่อุทิศกาย ใจ และเวลา สั่งสอนสรรพวิชาแก่ผู้วิจัย นับเป็นขวัญกำลังใจอย่างยิ่งในการดำเนินงานวิจัยให้มีประสิทธิภาพที่สุด

ขอบพระคุณในความเมตตากรุณาที่ได้รับจากท่านประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณางค์ ศรีหิรัญ รวมถึงกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด ในการให้คำแนะนำ ทิชม และกำลังใจอันอบอุ่นแก่ผู้วิจัย

ขอบคุณในความเมตตากรุณาที่ได้รับจากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพความเที่ยงตรงของเนื้อหา คณาจารย์ บุคลากร ศิษย์เก่า และนิสิตปัจจุบันของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการชี้แนะแนวทางการดำเนินการงานวิจัยอย่างดียิ่ง

ขอบคุณในความเมตตากรุณาที่ได้รับจากรองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา หลายวัฒน์ไพศาล ผู้ให้ความดูแลการเก็บตัวอย่างเลือด และชี้แนะแนวทางการวิเคราะห์ตัวแปรในเลือดอย่างสมบูรณ์ที่สุด

ขอบคุณในความเมตตากรุณาที่ได้รับจากผู้ร่วมวิจัย ในการให้ความร่วมมือในการทดสอบวิจัย อย่างแข็งขัน นับว่าเป็นความร่วมมือแรงร่วมใจที่มีอาลัย

ขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการสนับสนุนทุนวิจัย

และขอบคุณครอบครัว เพื่อนฝูง พี่น้อง ญาติมิตร ที่เป็นกำลังใจตลอดการเรียนระดับบัณฑิตศึกษา จนสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นัฐพงษ์ สีพิกา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
คำถามในการวิจัย	5
สมมุติฐานการวิจัย	5
ขอบเขตการวิจัย	5
คำจำกัดความของการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกีฬาวิ่งมาราธอน.....	12
ระบบพลังงานที่ใช้ในการวิ่งมาราธอน.....	18
สมรรถภาพทางกาย.....	21
โภชนาการสำหรับนักกีฬาวิ่ง.....	24
คาเฟอีน.....	27
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33

กรอบแนวคิดการวิจัย	39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	41
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	41
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	43
การเก็บรวบรวมข้อมูล	59
การวิเคราะห์ข้อมูล	64
ข้อพิจารณาจริยธรรม	65
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	66
ตอนที่ 1 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูล ด้านสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง.....	68
ตอนที่ 2 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพความอดทน.....	69
ตอนที่ 3 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ความแตกต่างของตัวแปรด้านการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย	74
ตอนที่ 4 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ความแตกต่างของตัวแปรด้านอาการของระบบทางเดินอาหาร	86
ตอนที่ 5 สรุปผลการได้รับคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร.....	92
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	96
ด้านสมรรถภาพความอดทน	96
ด้านการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย.....	98
ด้านอาการของระบบทางเดินอาหาร.....	103
ข้อจำกัดของการวิจัย	105
ข้อเสนอแนะ.....	105
บรรณานุกรม.....	106

ภาคผนวก.....	117
ประวัติผู้เขียน.....	148



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 สารอาหารของน้กกีฬาหนาน.....	25
ตารางที่ 2 อาหารเสริมของน้กกีฬาวิ่ง.....	26
ตารางที่ 3 ปริมาณคาเฟอีนที่พบในผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภค.....	28
ตารางที่ 4 ร้อยละของปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟแท้.....	28
ตารางที่ 5 ลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิก้าและโรบัสต้า.....	29
ตารางที่ 6 อุปกรณ์ เครื่องมือหรือวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล และการเก็บรวบรวมข้อมูล	63
ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลด้านสรีรวิทยาของ กลุ่มตัวอย่าง.....	68
ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน แบบทางเดียวของระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3.....	69
ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยระยะเวลาของการ ออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3.....	70
ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน แบบสองทางของระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3	72
ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อ กันแบบสองทางของระดับกรดไขมันอิสระในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3	74
ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน แบบสองทางของระดับคาเฟอีนในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3	76
ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน แบบสองทางของระดับอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3	78

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของระดับกรดแลคติกในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3	80
ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของระดับน้ำตาลในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3	82
ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบทางเดียวของปริมาณการสูญเสียน้ำ ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3	84
ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของอาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3	86
ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของอาการทางกระเพาะลำไส้ (ท้องอืด) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3	88
ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของอาการทางกระเพาะลำไส้ (คลื่นไส้) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3	90
ตารางที่ 20 แสดงผลการวิเคราะห์การได้รับคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน ได้แก่ ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง และระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย	92
ตารางที่ 21 แสดงผลการวิเคราะห์การได้รับคาเฟอีนต่อการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่ ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับกรดแลคติกในเลือด ระดับน้ำตาลในเลือด ปริมาณการสูญเสียน้ำ	93
ตารางที่ 22 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์การได้รับคาเฟอีนต่อการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่ ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับกรดแลคติกในเลือด ระดับน้ำตาลในเลือด ปริมาณการสูญเสียน้ำ	94
ตารางที่ 23 แสดงผลการวิเคราะห์การได้รับคาเฟอีนต่ออาการของระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ อาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง ท้องอืด และคลื่นไส้)	95

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบเพศ และช่วงอายุของผู้เข้าร่วมการแข่งขัน.....	17
ภาพที่ 2 กราฟแสดงระบบพลังงานของนักกีฬาที่ใช้ระยะเวลาในการแข่งขัน 120 นาที.....	20
ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของคาเฟอีน.....	27
ภาพที่ 4 กระบวนการเผาผลาญคาเฟอีน.....	30
ภาพที่ 5 โครงสร้างคาเฟอีนและอะดีโนซีน.....	31
ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดการวิจัยของกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3.....	40
ภาพที่ 7 ศึกษา นำร่องกับกลุ่มตัวอย่าง.....	44
ภาพที่ 8 แผนภาพการทดลองแบบไขว้.....	51
ภาพที่ 9 แผนภาพการทดลองกลุ่มที่ 1.....	56
ภาพที่ 10 แผนภาพการทดลองกลุ่มที่ 2.....	56
ภาพที่ 11 แผนภาพการทดลองกลุ่มที่ 3.....	57
ภาพที่ 12 แผนผังโมทัศน์วิธีดำเนินการวิจัย.....	58
ภาพที่ 13 แผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อย หมดแรง ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3.....	71
ภาพที่ 14 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยในแต่ละ ช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3.....	73
ภาพที่ 15 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกรดไขมันอิสระในเลือดในแต่ละ ช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3.....	75
ภาพที่ 16 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับคาเฟอีนในเลือดในแต่ละ ช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3.....	77
ภาพที่ 17 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละ ช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3.....	79

ภาพที่ 18 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกรดแลคติกในเลือดในแต่ละ
 ช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 81

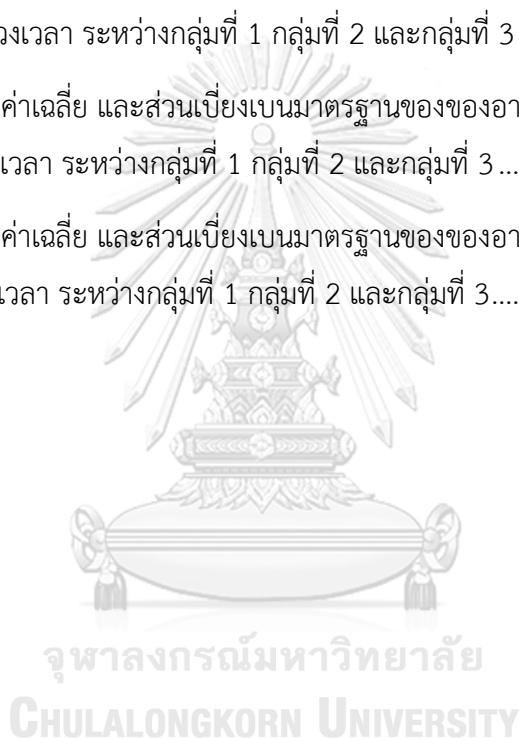
ภาพที่ 19 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับน้ำตาลในเลือดในแต่ละ
 ช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 83

ภาพที่ 20 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำ ระหว่างกลุ่มที่ 1
 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3..... 85

ภาพที่ 21 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอาการทางกระเพาะลำไส้
 (ปวดท้อง) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 87

ภาพที่ 22 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอาการทางกระเพาะลำไส้
 (ท้องอืด) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 89

ภาพที่ 23 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอาการทางกระเพาะลำไส้
 (คลื่นไส้) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3..... 91



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ด้วยวิถีชีวิตแบบใหม่ของคนไทยหันมาให้ความสนใจและใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ส่งผลให้คนไทยในปัจจุบันนิยมออกกำลังกายอย่างแพร่หลาย การวิ่งเป็นกิจกรรมที่คนทั่วไปให้ความสนใจเลือกเพื่อเป็นแนวทางในการเสริมสร้างสุขภาพ เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายแม้ว่าผู้ออกกำลังกายมีระดับความชำนาญในทักษะกีฬาไม่สูงมากนัก อีกทั้งยังสามารถทำได้ในพื้นที่อเนกประสงค์ จากการศึกษารายงานสุขภาพคนไทยปี พ.ศ. 2563 พบการปรากฏการณ์การเพิ่มขึ้นของจำนวนคนไทยที่มีการออกกำลังกายและเล่นกีฬาด้วยกิจกรรมการเดิน-วิ่งเพื่อสุขภาพ จากร้อยละ 15.4 ในปี พ.ศ. 2557 เป็นร้อยละ 18.2 ในปี พ.ศ. 2559 และการสำรวจครั้งล่าสุดปี พ.ศ. 2561 พบการเพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 24.4 ของประชากรไทยทั้งประเทศ หรือประมาณ 16.03 ล้านคน อีกทั้งจำนวนการจัดมทรรรมการวิ่งมาราธอนในปี พ.ศ. 2562 พบว่ามีการจัดงานจำนวนมากถึง 200 ถึง 500 งานต่อเดือน หรือประมาณ 3,000 งานต่อปี (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ, 2563) สำหรับช่วงอายุที่นิยมร่วมมทรรรมการวิ่ง คือ ช่วงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 30 ถึง 49 ปี เป็นกลุ่มที่มีการเข้าร่วมแข่งขันวิ่งมากที่สุด (Bangsaen 21 the finest running event ever 2020, 2020; Bangsaen 42 2020 results, 2020; Buriram marathon 2020 results, 2020)

การวิ่งฮาล์ฟมาราธอน (Half marathon) เป็นกีฬาประเภทวิ่งทนทานที่ได้รับความนิยมอย่างมากอีกประเภทหนึ่ง มีระยะทางที่ใช้ในการแข่งขัน คือ 21.1 กิโลเมตร (km) นักวิ่งมาราธอน ระยะ 42.195 กิโลเมตร นิยมใช้การวิ่งฮาล์ฟมาราธอนเป็นการทดสอบสมรรถภาพตนเองเสมอ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2558) โดยปกตินักวิ่งไทยใช้เวลาในการวิ่งฮาล์ฟมาราธอนประมาณ 2 ถึง 3 ชั่วโมง (Bangsaen 21 the finest running event ever 2020, 2020) โดยกลไกของร่างกายจะมีการสังเคราะห์พลังงานเพื่อใช้ในการวิ่งต่อครั้งสูงถึงประมาณ 1,000 ถึง 1,500 กิโลแคลอรี (Loftin et al., 2007) โดยเป็นการสังเคราะห์พลังงานในระบบแอนโรบิก เป็นหลักเกือบ 100% ส่วนสังเคราะห์พลังงานในระบบแอนแอโรบิก มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Swanwick & Matthews, 2018) ทั้งนี้ ในการแข่งขันแต่ละครั้งนักกีฬาต่างก็มีเป้าหมายในการที่จะสามารถทำสถิติเวลาให้ดีขึ้น ดังนั้น นักกีฬาจึงจำเป็นต้องวิ่งเข้าสู่เส้นชัยให้เร็วที่สุด การที่นักกีฬาต้องวิ่งและเร่งทำเวลาให้เร็วขึ้น ในทางสรีรวิทยาเป็นการที่ระบบกล้ามเนื้อมีการใช้งานซ้ำๆ พร้อมกับเพิ่มระดับความหนัก (Intensity) ขึ้นทีละน้อยอย่างต่อเนื่อง แม้ไม่ใช้การเพิ่มความหนักขึ้นแบบทันทีทันใด แต่เป็น

การเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้กรดแลคติก (Lactic acid) ในเลือดมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย (Sjodin & Jacobs, 1981) โดยการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติกนั้นเป็นผลจากความไม่เสถียรของการหมุนเวียนกรดแลคติกที่เกิดจากกระบวนการไกลโคเจโนไลซิส (Glycogenolysis) ซึ่งหากร่างกายมีการสะสมของปริมาณกรดแลคติกสูงอย่างต่อเนื่องจนเกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L) (Ghosh, 2004) จะก่อให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อ (Allen & Westerblad, 2004) เนื่องจากสถานะเลือดมีความเป็นกรดสูงนั้นจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System; CNS) ทำให้ความสามารถในการส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อลดลง ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพและสมรรถภาพของนักวิ่งก็จะลดลง (Cairns, 2006) ดังนั้น เพื่อให้ให้นักกีฬารักษาสมรรถภาพความอดทนไว้ให้ยาวนานที่สุด กลไกของร่างกายจะต้องมีกระบวนการหมุนเวียนพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ร่างกายสามารถรักษาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในกระแสเลือดให้อยู่ในระดับไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร

จากปัญหาดังกล่าว จึงพบเห็นแนวทางการพัฒนาระดับสมรรถภาพความอดทนในนักกีฬา โดยทั่วไปจะใช้การฝึกซ้อมทางการกีฬาเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันมีนักวิจัยด้านโภชนาการกีฬา ให้การชี้แนะแนวทาง และอธิบายคุณประโยชน์ของการวางแผนโภชนาการที่เหมาะสมร่วมกับการฝึกซ้อมทางการกีฬา ว่ามีส่วนส่งเสริมสมรรถภาพทางการกีฬาได้ (Burke et al., 2019) การเพิ่มสมรรถภาพทางการกีฬาในประเภททนทาน นอกจากความจำเป็นที่จะต้องวางแผนการรับประทานอาหารมื้อหลักก่อนแข่งขัน 1 ถึง 3 วันแล้ว อาหารเสริมที่รับประทานก่อนและระหว่างการแข่งขันก็นับว่ามีความจำเป็นไม่แพ้อาหารมื้อหลักเช่นกัน ในปัจจุบัน พบว่า มีการนำคาเฟอีน (Caffeine) มาใช้เป็นอาหารเสริมให้กับนักกีฬาเพื่อเสริมสร้างระบบพลังงานให้กับนักกีฬาประเภททนทานมากขึ้น เนื่องจากคาเฟอีนสามารถกระตุ้นกระบวนการออกซิเดทีฟ ไลโปไลซิส (Oxidative lipolysis) เพื่อเพิ่มอัตราการสลายสลายกรดไขมันอิสระให้เป็นสารชีวโมเลกุลที่ให้พลังงาน คือ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate; ATP) ได้ในปริมาณที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มสารอาหารชนิดอื่น ทำให้นักกีฬามีพลังงานเพียงพอในการวิ่งเป็นระยะเวลานาน กล่าวคือ เมื่อร่างกายของมนุษย์ได้รับสารคาเฟอีน กลไกการดูดซึมสารดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และสามารถตรวจพบอนุพันธ์คาเฟอีนในเลือดได้ตั้งแต่นาทีที่ 15 (Goldstein et al., 2010; Magkos & Kavouras, 2005) จากนั้นจะออกฤทธิ์สูงสุดในนาทีที่ 60 หลังจากเข้าสู่ร่างกาย และค่อยๆ ลดระดับการออกฤทธิ์ลงสู่สภาวะปกติโดยใช้เวลาประมาณ 120 นาที นับจากช่วงเวลาของการออกฤทธิ์สูงสุด (Eschbach, 2001; Magkos & Kavouras, 2005) ค่าครึ่งชีวิตของคาเฟอีนอยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 9.5 ชั่วโมง (Institute of Medicine, 2001) โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 3.7 ชั่วโมง (วีระ สุขุมธรรมรัตน์, ไชยพร ยุกเซน และรพีพร โรจน์แสงเรือง, 2555) ทั้งนี้ ระยะเวลาของค่าครึ่งชีวิตจะแปรผันตามปัจจัยที่สามารถส่งผลต่อการเผาผลาญคาเฟอีน เช่น พันธุกรรม ลักษณะทางสรีรวิทยา และสถานะแวดล้อม เป็นต้น

(Institute of Medicine, 2001) โดยปกติระดับความเข้มข้นของอนุพันธ์คาเฟอีนในพลาสมา ประมาณ 20 ถึง 50 ไมโครโมลต่อลิตร ($\mu\text{mol/L}$) จะสามารถยับยั้งตัวรับอะดีโนซีน (Adenosine receptor) ไม่ให้จับกับอะดีโนซีน (Adenosine) ปฏิกริยานี้เปรียบเสมือนภาวะฉุกเฉินที่เกิดขึ้นในสมอง ดังนั้น สมองจึงปล่อยฮอร์โมนที่เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นเซลล์และเนื้อเยื่อ ส่งผลให้ต่อมหมวกไตผลิตอะดรีนาลีน (Adrenaline) มีผลทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น ทำให้หลอดเลือดมีแรงส่งกระแสเลือดไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อได้ปริมาณมากยิ่งขึ้น (ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา, 2564) จากนั้น ร่างกายจะเกิดการสลายสารอาหารกลุ่มไขมันให้เป็นพลังงานเพิ่มขึ้น (Graham, 2001) มีพลังงานในร่างกายสูงขึ้น มีการตื่นตัวของประสาทส่วนกลาง (CNS) ความเหนื่อยล้าลดลง (Jeong-Beom, Hye-Jin, Seung-Jea, & Kim, 2019) นักกีฬาจึงสามารถดำรงไว้ซึ่งสมรรถภาพความอดทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักกีฬาสามารถวิ่งได้ยาวนานยิ่งขึ้น (Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983; Acheson et al., 2004)

โดยทั่วไปการรับประทานคาเฟอีนในกลุ่มนักกีฬานั้น มีทั้งการรับประทานก่อนการเล่นกีฬา และระหว่างการเล่นกีฬา จากการศึกษาวิจัยของ Potgieter, Wright, and Smith (2018) เป็นตัวอย่างการวิจัยการรับประทานคาเฟอีนก่อนการเล่นกีฬา ในกลุ่มนักกีฬาไตรกีฬา จำนวน 26 คน เพศชาย 14 คนและหญิง 12 คน ใช้คาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) โดยให้รับประทาน 60 นาที ก่อนการทดสอบด้วยการแข่งขันไตรกีฬา มีการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในพลาสมา พบว่าระดับความเข้มข้นของคาเฟอีน มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพความอดทน โดยพบเวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำลดลง 3.7% เวลาในการปั่นจักรยานลดลง 1.1% และเวลาในการวิ่งลดลง 0.7% และการศึกษาวิจัยของ Ganio et al. (2011) เป็นตัวอย่างการวิจัยของการรับประทานคาเฟอีนก่อนและระหว่างการเล่นกีฬา ต่อความสามารถในการออกกำลังกายในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยการให้นักปั่นจักรยานรับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน และขณะออกกำลังกายมีการสลับระดับความหนักทุก 15 นาทีที่ 60 % และ 70% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_2max) โดยใช้เวลาในการทดสอบออกกำลังกาย 90 นาที มีการรับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ระหว่างการทดสอบออกกำลังกายในนาทีที่ 45 จากการประเมินการรับรู้ต่อความรู้สึกเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ พบว่าคาเฟอีน ช่วยเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายได้ และพบว่าอุณหภูมิที่สูงจะเพิ่มความเจ็บปวดมากกว่าอุณหภูมิที่เย็นกว่า สอดคล้องกับในงานวิจัยของ Eschbach (2001) ที่ให้นักกีฬابัณฑิตจักรยานและนักไตรกีฬา รับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 180 นาที ก่อนการทดสอบการปั่นจักรยาน และรับประทานครั้งที่สองในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

(mg/kg⁻¹) ระหว่างการทดสอบในนาที่ที่ 60 ผลการวิจัยพบว่า ขณะพักก่อนออกกำลังกาย พบการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (Blood free fatty acids level) และมีค่าความเข้มข้นสูงสุดหลังจากรับประทานเข้าสู่ร่างกาย 60 นาที และค่อยๆ ลดระดับความเข้มข้นลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนระดับกลูโคสในเลือด (Blood glucose level) พบการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ในขณะทดสอบไม่พบความแตกต่าง เนื่องจากขณะออกกำลังกายได้มีการให้นักกีฬาดื่มน้ำที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) จึงอาจเป็นไปได้ว่าร่างกายมีสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายอยู่ในน้ำที่ใช้ดื่มขณะทดสอบ อาจเป็นพลังงานที่ร่างกายใช้สำหรับการออกกำลังกายขณะทำการทดสอบ จากงานวิจัยที่กล่าวมา แสดงให้เห็นว่า คาเฟอีนมีส่วนช่วยเสริมสร้างสมรรถภาพความอดทนได้ โดยปริมาณที่แนะนำ คือ 3 ถึง 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg⁻¹) ก่อนการแข่งขัน 60 นาที และรับประทานปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg⁻¹) ในระหว่างการแข่งขัน (Cox et al., 2002; Desbrow et al., 2012) แต่มีข้อควรระวัง คือ การรับประทานคาเฟอีนในปริมาณมากกว่า 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (mg/kg⁻¹) มีผลทำให้ระดับไขมันในหลอดเลือดสูงขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการหัวใจวายได้ (ณัฐกุล แสงสว่าง และณภัทรวรรณ ธนาพงษ์อนันต์, 2557)

จากรูปแบบการรับประทานและประโยชน์ของคาเฟอีนต่อการเสริมสร้างสมรรถภาพความอดทนของนักกีฬา และด้วยการเติบโตของกลุ่มนักวิ่งระยะไกลในประเทศไทย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการได้รับคาเฟอีน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่างการวิ่ง) เปรียบเทียบกับการได้รับคาเฟอีน 1 ครั้ง (ก่อนการวิ่ง) ต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหารในกลุ่มนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมสร้างสมรรถภาพความอดทนด้วยคาเฟอีน รวมถึงเป็นแนวทางในการขยายผลการใช้คาเฟอีน เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพความอดทนในกีฬาชนิดอื่นๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาผลของการได้รับประทานคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหารในกลุ่มนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย
- 2) เพื่อเปรียบเทียบผลของการได้รับประทานคาเฟอีน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่างการวิ่ง) กับการได้รับประทานคาเฟอีน 1 ครั้ง (ก่อนการวิ่ง) ต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหารในกลุ่มนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย

คำถามในการวิจัย

- 1) การได้รับประทานคาเฟอีนระหว่างการวิ่งมีผลทำให้นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย มีสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหารที่ดีขึ้นหรือไม่
- 2) การได้รับประทานคาเฟอีน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่างการวิ่ง) มีผลต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหารที่ดีกว่าการรับประทานคาเฟอีน 1 ครั้ง (ก่อนการวิ่ง) หรือไม่

สมมุติฐานการวิจัย

- 1) การได้รับประทานคาเฟอีนระหว่างการวิ่งมีผลทำให้นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชายมีสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหารดีขึ้น
- 2) การได้รับประทานคาเฟอีน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่างการวิ่ง) มีผลต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกายและอาการของระบบทางเดินอาหารที่ดีกว่าการรับประทานคาเฟอีน 1 ครั้ง (ก่อนการวิ่ง)

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากร

ประชากร คือ นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอน (Half marathon runners) เพศชาย วิทยาลัยทำงาน อายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี เนื่องจากช่วงอายุดังกล่าวเป็นช่วงอายุที่นิยมเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอนในประเทศไทย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เพศชาย วิทยาลัยทำงาน ที่มีอายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี จำนวน 8 คน ดำเนินการทดลองแบบไขว้ (Cross-over trials) ผู้ร่วมวิจัยต้องมาทำการทดสอบให้ครบทั้งสามครั้ง (Desbrow et al., 2011) แต่แต่ละครั้งเป็นการทดลองที่แตกต่างกัน โดยวิธีการสุ่มเลือกการทดสอบอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีจับสลาก รายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) ต้มกาแฟที่มีส่วนผสมคาเฟอีน (Caffeine) ปริมาณ 6 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และดื่มอีกครั้งในปริมาณ 3 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ในนาทีที่ 45 ระหว่างทดสอบ (Ganio et al., 2011)

กลุ่มที่ 2 (PRECAF) ต้มกาแฟที่มีส่วนผสมคาเฟอีน (Caffeine) ปริมาณ 6 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และดื่มเครื่องดื่มที่มิกกลิ่นและรสชาติกาแฟในนาทีที่ 45 ระหว่างการทดสอบ

กลุ่มที่ 3 (กลุ่มควบคุม หรือ PLA) ต้มเครื่องต้มหมอกที่มีกลิ่นและรสชาติกาแฟ 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และในนาที่ที่ 45 ระหว่างการทดสอบ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การทดลองแบบอำพรางฝ่ายเดียว (Single-blinded experiment) คือ มีการป้องกันผู้ร่วมวิจัย มิให้ทราบว่าตนเองได้ทดลองรูปแบบใด (Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983)

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ตัวแปรต้น

คาเฟอีน (Caffeine)

ตัวแปรด้านสรีรวิทยาและข้อมูลพื้นฐาน

น้ำหนัก (Weight)

ส่วนสูง (Height)

ดัชนีมวลกาย (Body mass index)

อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate; HR)

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (Maximal oxygen consumption; VO_2Max)

ตัวแปรตามด้านสมรรถภาพความอดทน

ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (Time to exhaustion; TTE)

ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (Rate of perceived exertion; RPE)

ตัวแปรตามด้านการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย

ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด (Blood free fatty acids level)

ระดับคาเฟอีนในเลือด (Blood caffeine level)

ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactic acid level)

ระดับน้ำตาลในเลือด (Blood glucose level)

ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss)

ตัวแปรตามด้านอาการของระบบทางเดินอาหาร

อาการทางกระเพาะลำไส้ (Gastrointestinal symptoms)

ขอบเขตด้านสถานที่

สถานที่ใช้ดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูลวิจัย ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 ชั้น 1 ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ตั้งแต่เดือนเมษายน ถึง มิถุนายน 2565 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน

คำจำกัดความของการวิจัย

การวิ่งฮาล์ฟมาราธอน (Half marathon running) หมายถึง การวิ่งระยะทาง 21.0975 หรือ 21.1 กิโลเมตร ซึ่งเป็นระยะทางมาตรฐานที่จัดแข่งขันระดับนานาชาติทั่วโลก

นักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอน (Half marathon runners) หมายถึง นักวิ่งระยะทาง 21.1 กิโลเมตร เพศชาย วัยทำงาน มีอายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี มีประสบการณ์การเข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอนระยะทาง 21.1 กิโลเมตร มีการฝึกซ้อมวิ่ง 3 ถึง 15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption; VO_2Max) ระหว่าง 45 ถึง 60 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อนาที ($ml/k^{-1}/min^{-1}$)

คาเฟอีน (Caffeine) หมายถึง สารกระตุ้นที่พบในธรรมชาติ เช่น เมล็ดกาแฟ หากเข้าสู่ร่างกายแล้วสามารถดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว โดยสามารถตรวจพบในเลือดได้ตั้งแต่นาทีที่ 15 ออกฤทธิ์สูงสุดในช่วงระยะเวลา 60 นาที และจะค่อยๆ ลดระดับการออกฤทธิ์ลง (Eschbach, 2001) ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬา คือ 3 ถึง 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) (Cox et al., 2002)

สมรรถภาพความอดทน (Endurance performance) หมายถึง ความสามารถในการใช้ร่างกายในการกระทำกิจกรรมซ้ำ ๆ ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานโดยไม่เกิดความเมื่อยล้าหรือเหนื่อยซ้ำ ในทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ได้ระบุว่า การสะสมของกรดแลคติกในเลือด มีผลต่อสมรรถภาพความอดทน (Fitts, 1994) รวมถึงกลไกด้านจิตวิทยา เช่น การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยล้า มีผลต่อการความพยายามในการออกแรงขณะฝึกหรือทดสอบสมรรถภาพความอดทน (Marcore, 2008; Wright, 2008) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงประเมินสมรรถภาพความอดทนจากระดับกรดแลคติกในเลือด ระดับความรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย และระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption; VO_2Max) หมายถึง อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายในขณะออกกำลังกาย ในการวิจัยนี้ใช้รูปแบบการทดสอบวิ่งทนทาน โดยมีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อนาที ($ml/k^{-1}/min^{-1}$) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับความอดทนของร่างกายต่อการวิ่งแบบทนทาน

อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate; HR) หมายถึง จำนวนครั้งที่หัวใจบีบตัวภายในหนึ่งนาที มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที (bpm) อัตราการเต้นของหัวใจสามารถใช้บ่งบอกความเข้มข้นในการ

ออกกำลังกายได้ โดยอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มข้นในการออกกำลังกาย เนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นในกรณีที่ต้องการออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายหรือต้องการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกายมากขึ้น ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นในการออกกำลังกายสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar รุ่น H10

ความเร็วในการวิ่ง (Speed) หมายถึง ความเร็วที่ใช้ในการวิ่ง สามารถคำนวณจากการใช้ระยะทางหารด้วยเวลา โดยมีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h)

ความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (Velocity at first ventilatory threshold; VT_1) หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพทางกายด้วยการวิ่งที่ความเร็ว ณ จุดที่กระแสเลือดมีการสะสมของกรดแลคติก (Lactic acid) เพิ่มขึ้นแต่ไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร เป็นจุดเริ่มเปลี่ยนอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย โดยปกติอัตราส่วนของการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (RPE) จะมีค่าระหว่าง 0.85 ถึง 0.87 กล่าวคือ ความเร็ว ณ VT_1 สามารถกำหนดได้จากอัตราส่วนของจุดที่ปริมาตรลมหายใจออก (V_E) ต่อปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ (V_{CO_2}) ที่มีการสร้างขึ้น และอัตราส่วนของปริมาตรลมหายใจออก (V_E) ต่อปริมาตรออกซิเจน (VO_2) ที่มีการสร้างขึ้น รวมถึงความดันและออกซิเจน ($P_{ET}O_2$) ขณะที่ยังหายใจออกสุด อยู่ในระดับต่ำสุดของการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยกำหนดความเร็วเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h)

ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (Time to exhaustion) หมายถึง ระดับความสามารถในการวิ่งให้ได้ยาวนานที่สุด สามารถวัดหรือประเมินได้จากเวลาที่ใช้ในการวิ่งตั้งแต่เริ่มวิ่งจนหมดแรงไม่สามารถวิ่งต่อได้ ซึ่งสามารถดูเวลาที่ใช้ในการวิ่งจากหน้าจอแสดงผลของลูกโลกไฟฟ้า

ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (Rate of perceived exertion; RPE) หมายถึง ความรู้สึกในการใช้ความพยายามในการออกแรงขณะทำกิจกรรมทางกาย โดยสามารถวัดได้ในเชิงปริมาณด้วยมาตรวัดของบอร์ก (Borg's rating of perceived exertion scale; Borg's scale) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 6 ถึง 20 (Williams, 2017)

ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด (Blood free fatty acids level) หมายถึง โมเลกุลประกอบสำคัญของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อลิตร เมื่อร่างกายเกิดกระบวนการไลโปไลซิส (Lipolysis) ไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) จะถูกย่อยสลายเป็นกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) และกลีเซอรอล (Glycerol) ออกสู่กระแสเลือด ดังนั้นการตรวจวัดระดับกรดไขมันอิสระในเลือด (Blood free fatty acids level) จึงสามารถบ่งบอกการปริมาณการใช้ไขมันเพื่อเป็นพลังงานของร่างกายทางอ้อม โดยสามารถวัดได้โดยเจาะเลือดนำไปวิเคราะห์ผลด้วยชุดตรวจปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid quantitation kit) ยี่ห้อ MAK004

รุ่น Sigma-Aldrich จากนั้นวิเคราะห์ผลเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer) ยี่ห้อ Perkinelmer รุ่น PERKIN ELMER Spectrum GX

ระดับคาเฟอีนในเลือด (Blood caffeine level) หมายถึง ระดับความเข้มข้นของของสารเมตาโบไลต์ (Metabolite) 3 ชนิด ได้แก่ พาราแซนทีน (Paraxanthine) ทีโอฟีลลีน (Theophylline) และทีโอโบรมีน (Theobromine) ที่สามารถตรวจพบได้ในพลาสมา หากมีระดับความเข้มข้นประมาณ 20 ถึง 50 ไมโครโมลต่อลิตร ($\mu\text{mol/L}$) จะมีผลต่อสรีรวิทยามนุษย์ โดยปกติสารดังกล่าวจะตรวจพบในเลือดได้ตั้งแต่วันที่ 15 และระดับความเข้มข้นจะค่อยๆ สูงขึ้น และสูงที่สุดใช้เวลาประมาณ 60 นาที (Goldstein et al., 2010) และระดับความเข้มข้นจะค่อยๆ ลดลงและหมดไปภายใน 1.5 ถึง 9.5 ชั่วโมง (Institute of Medicine, 2001) โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 3.7 ชั่วโมง (วีระสุขุมธรรมรัตน์, ไชยพร ยุกเซน และรพีพร โรจน์แสงเรือง, 2555) อนึ่ง ระยะเวลาการลดลงของระดับของสารเมตาโบไลต์นั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านพันธุกรรม ลักษณะทางสรีรวิทยา และสภาวะแวดล้อม (Institute of Medicine, 2001) สามารถวัดได้โดยเจาะเลือดนำไปวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatograph; HPLC) ยี่ห้อ Alltech รุ่น ELSD 2000ES

ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactic acid level) หมายถึง ความเข้มข้นของปริมาณกรดแลคติกในกระแสเลือด โดยมีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L) โดยปกติกรดแลคติก เป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) แบบไม่อาศัยออกซิเจนภายในเซลล์ จากนั้นจึงถูกขับออกจากเซลล์เข้าสู่กระแสเลือดและถูกขนส่งไปที่ตับ (Liver) เพื่อเปลี่ยนเป็นกลูโคส (Glucose) ระดับกรดแลคติกในเลือดที่สูงขึ้น บ่งบอกถึงสภาวะที่ร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเหนื่อยล้าขณะออกกำลังกาย สามารถวัดได้โดยเครื่องวิเคราะห์ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer) ยี่ห้อ EKF Diagnostics รุ่น Lactate scout+

ระดับน้ำตาลในเลือด (Blood glucose level) หมายถึง ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (mg/dl) ระดับน้ำตาลในเลือดโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 72 ถึง 99 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในขณะอดอาหาร สามารถวัดได้โดยเครื่องวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Abbott architect

ปริมาณการสูญเสียน้ำ (fluid loss) หมายถึง น้ำในร่างกายที่สูญเสียไปในขณะออกกำลังกาย ทั้งโดยการระเหยของเหงื่อและการระเหยทางลมหายใจ การที่จะทราบปริมาณการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ สามารถวัดได้โดยใช้วิธีคำนวณจากผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบแล้วรวมกับปริมาณน้ำที่ดื่มขณะทำการทดสอบ

อาการทางกระเพาะลำไส้ (Gastrointestinal symptoms) หมายถึง อาการแสดงทางกระเพาะอาหารและลำไส้ ซึ่งเป็นอาการไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นภายในระบบทางเดินอาหาร เช่น ปวดแน่นท้อง ปวดเกร็งท้อง ปวดแสบท้อง ท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเสีย เป็นต้น พบได้มากในนักกีฬาหรือผู้ที่ออกกำลังกาย และจะยิ่งมีความเสี่ยงในการเกิดอาการแสดงของระบบทางเดินอาหารมากขึ้นเมื่อออกกำลังกายทันทีหลังการรับประทานอาหาร หรือรับประทานอาหารในขณะออกกำลังกาย อาการทางระบบทางเดินอาหารไม่สามารถวัดเป็นค่าที่แท้จริงได้ แต่สามารถให้ผู้ร่วมการวิจัยอธิบายอาการและความรุนแรงที่เกิดขึ้นผ่านการใช้มาตรวัดแบบวิซวลอนาล็อก (Visual analogue scale) ซึ่งเป็นการวัดความรู้สึกที่ผู้ร่วมการวิจัยกำลังรับรู้ ณ ขณะนั้น

การได้รับคาเฟอีน หมายถึง การดื่มกาแฟที่ละลายในน้ำเปล่า โดยใช้กาแฟสายพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นสายพันธุ์กาแฟโรบัสต้า (Robusta coffee) ที่ได้รับการวิจัยโดยกรมวิชาการเกษตรแล้วว่า มีความเข้มข้นของคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟในปริมาณที่สูงถึง 2.44%

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมสร้างสมรรถภาพความอดทนด้วยคาเฟอีนในนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอน
- 2) เพื่อเป็นแนวทางในการขยายผลการใช้คาเฟอีนเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพความอดทนในกีฬานิตอื่น ๆ ต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการได้รับคาเฟอีนระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพความอดทนในนักกีฬาฮาล์ฟมาราธอนชาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่อไปนี้

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกีฬาวิ่งมาราธอน

ประวัติความเป็นมาของกีฬามาราธอนในต่างประเทศ

ประวัติความเป็นมาของกีฬามาราธอนในประเทศไทย

ประเภทของกีฬาวิ่งมาราธอน

การจัดระดับคุณภาพและมาตรฐานของการจัดงานหรือการจัดกิจกรรมวิ่งในประเทศไทย

ระบบพลังงานที่ใช้ในการวิ่งฮาล์ฟมาราธอน

ระบบเอทีพี - ซีพี

ระบบแอนแอโรบิก - แลคติก

ระบบแอโรบิก

สมรรถภาพทางกาย

ความหมายของสมรรถภาพทางกาย

ประเภทของสมรรถภาพทางกาย

สมรรถภาพความอดทนทางการกีฬา

โภชนาการสำหรับนักกีฬาวิ่ง

ความต้องการพลังงานของนักกีฬาฮาล์ฟมาราธอน

อาหารเสริมสำหรับนักกีฬาวิ่ง

คาเฟอีน

โครงสร้างทางวิทยาศาสตร์และลักษณะทั่วไปของคาเฟอีน

ขอบเขตด้านกฎหมายและปริมาณของสารคาเฟอีนที่พบในผลิตภัณฑ์แปรรูป

ปริมาณที่เหมาะสมและรูปแบบการรับประทานคาเฟอีนในนักกีฬาวิ่ง

กลไกการออกฤทธิ์ของคาเฟอีน

คาเฟอีนกับระบบสรีรวิทยามนุษย์

คาเฟอีนกับสมรรถภาพทางการกีฬา

ภาวะดื้อคาเฟอีน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

กรอบแนวคิดการวิจัย

โดยประเด็นข้างต้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกีฬาวิ่งมาราธอน

ประวัติความเป็นมาของกีฬามาราธอนในต่างประเทศ

ในอดีตกาลประมาณ 490 ปีก่อนคริสตกาล กองทัพเปอร์เซียได้ส่งกองทัพเข้าโจมตีกรีซขึ้นที่ อ่าวมาราธอน ซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศเอเธนส์ ฝ่ายกองทัพกรีกมีกำลังพลเป็นรอง กว่าเล็กน้อย แต่แม้ว่ากองทัพเปอร์เซียจะได้ชื่อว่าเป็นกองทัพที่เกรียงไกรที่สุดในโลกยุคนั้น แต่สมรภูมิลรบครั้งนี้กลับจบลงด้วยชัยชนะของกรีก กองทัพเปอร์เซียต้องถอยกำลังออกไป ซึ่งการถอยกำลังครั้งนั้นเป็นทั้งข่าวดี และข่าวร้ายของกรีก เนื่องจากเป็นการถอยเพื่อจะไปยกทัพตบหลังกลับไปตีเอเธนส์ ดังนั้น กรีกจำเป็นต้องแจ้งข่าวให้เอเธนส์ได้รับทราบโดยเร็ว จึงให้ทหารสื่อสารนามว่า เฟดิปปิดิส (Pheidippides) ทำหน้าที่ส่งข่าวครั้งนี้ ด้วยการวิ่งเป็นระยะทางประมาณ 40 กิโลเมตร จากทุ่งมาราธอนไปยังเอเธนส์ เมื่อไปถึงเอเธนส์ เฟดิปปิดิสได้พูดว่า “Nenikemen” ซึ่งหมายถึง “เราชนะแล้ว” เมื่อสิ้นคำก็ล้มลงสิ้นใจ การวิ่งครั้งประวัติศาสตร์ของเฟดิปปิดิสในครั้งนั้น ได้กลายเป็นต้นกำเนิดของการวิ่งมาราธอนในเวลาต่อมา (วิมุตติ วสะหลาย, 2554)

จากตำนานที่เล่าขานนี้ จึงเป็นที่มาของการแข่งขันวิ่งมาราธอนครั้งแรกของโลก ในโอลิมปิกเกมส์ปี ค.ศ. 1896 โดยผู้ชนะเป็นชาวกรีกที่เติบโตในครอบครัวที่ประกอบอาชีพค้าขายน้ำแร่ในกรุงเอเธนส์ ชื่อ สปิริดอน หลุยส์ (Spyridon Louis) ด้วยระยะทางการแข่งขัน 40 กิโลเมตร ใช้เวลาในการวิ่ง 2.58.50 ชั่วโมง (Alchetron, 2018) จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1908 การแข่งขันโอลิมปิกถูกจัดขึ้นที่กรุงลอนดอน โดยมีจุดปล่อยตัวของนักวิ่งที่พระราชวังวินด์เซอร์ และจุดเข้าเส้นชัยอยู่หน้าไวท์ฮิตส์ สเตเดียม เป็นระยะทางมาตรฐาน 42.195 กิโลเมตร (26.22 ไมล์) และยึดถือเป็นมาตรฐานของระยะทางการวิ่งมาราธอนมาจนถึงปัจจุบัน (มดิชน, 2562) ในปัจจุบันสถิติการแข่งขันกีฬาวิ่งมาราธอนที่ดีที่สุดในโลก เป็นของ เอลิอุด คิปโชเก้ (Eliud Kipchoge) นักวิ่งจากประเทศเคนยา โดยสถิติการแข่งขันที่ดีที่สุดนี้ ถูกบันทึกไว้ในปี ค.ศ. 2018 เป็นรายการของบีเอ็มดับเบิลยูเบอร์ลินมาราธอน (BMW Berlin marathon) จัดแข่งขันที่กรุงเบอร์ลิน ประเทศเยอรมนี ใช้เวลา 2:01:39 ชั่วโมง ส่วนรายการโอลิมปิก 2020 หรือโตเกียว โอลิมปิก 2020 (Tokyo Olympic, 2020) ซึ่งได้เลื่อนการจัดงานมาจัดในปี ค.ศ. 2021 ที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น คิปโชเก้ ใช้เวลาในการวิ่ง 2:08:38 ชั่วโมง (ไทยรัฐออนไลน์, 2564)

ประวัติความเป็นมาของกีฬามาราธอนในประเทศไทย

วิวัฒนาการของการวิ่งมาราธอนในประเทศไทย ยุคที่ 1 (พ.ศ. 2526-2554) กระแสความนิยมในการวิ่ง (Thai running boom) ในยุคแรก เริ่มจากศาสตราจารย์นายแพทย์อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม ผู้ซึ่งบุกเบิกกระแสการวิ่งและเป็นผู้สร้างตำนานการวิ่งขึ้นในประเทศไทย ศ.นพ.อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม เคยป่วยเป็นโรคหัวใจ เมื่อครั้งตอนอายุ 40 ปี เนื่องมาจากการใช้ชีวิตที่ไม่ใส่ใจดูแลสุขภาพของตนเอง แต่หลังจากที่ป่วยเป็นโรคหัวใจ ศ.นพ. อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม ได้หายจากโรคหัวใจและกลับมามีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรงอีกครั้ง หลังจากนั้นได้เขียนหนังสือ “วิ่งสู่ชีวิตใหม่” ซึ่งเป็นหนังสือที่ถ่ายทอดประสบการณ์ความเจ็บป่วยของตนเอง โดยเขียนขึ้นมาจากการศึกษาค้นคว้าและทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้อ่านทั้งหลายตระหนักว่าหน้าที่การดูแลสุขภาพทั้งกายและใจให้แข็งแรงสมบูรณ์อยู่เสมอเป็นหน้าที่ของเรา นอกเหนือจากหนังสือวิ่งสู่ชีวิตใหม่ ยังเป็นตำราที่สร้างแรงบันดาลใจให้อีกหลายคนหันมาดูแลสุขภาพด้วยการวิ่ง และเป็นหนังสือที่เปลี่ยนแปลงชีวิตแล้วจำนวนมาก (อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม, 2528) ทั้งนี้ ศ.นพ.อุดมศิลป์ ศรีแสงนาม เป็นคนไทยแรกๆ ที่ริเริ่มการจัดงานวิ่งขึ้นในประเทศไทย ในรายการ “วิ่งลอยฟ้าเฉลิมพระเกียรติ The Royal Marathon Bangkok” เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2530 ณ กรุงเทพมหานคร ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นประวัติศาสตร์การวิ่งของประเทศไทย เพราะนอกจากเป็นการจัดการวิ่งระยะทางไกลระดับมาราธอน คือ 42.195 กิโลเมตร ที่เกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศไทยแล้วนั้น ยังมีนักวิ่งเข้าร่วมงานวิ่งกันอย่างเนืองแน่นกว่า 100,000 คน (ทรงศักดิ์ รักพ่วง, 2562)

การวิ่งมาราธอนในประเทศไทย ยุคที่ 2 (พ.ศ. 2554-2559) ในปี พ.ศ. 2554 การวิ่งในประเทศไทยได้รับความนิยมน้อยลง ผู้ที่เกี่ยวข้องจึงได้มีความคิดริเริ่มในการจัดตั้งชมรมวิ่งให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยใช้วิธีการรวบรวมชมรมวิ่งต่างๆ ประมาณ 10 ชมรม ทั่วประเทศ และร่วมกันพัฒนาก่อตั้ง “สมาพันธ์ชมรมเดินวิ่งเพื่อสุขภาพไทย” ขึ้นในปี พ.ศ.2554 จากการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สมาพันธ์ชมรมเดิน-วิ่งเพื่อสุขภาพไทย, 2556) และเกิดการจัดตั้งขึ้นของภาคีเครือข่ายของนักวิ่งกระจายตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศกว่า 10 เครือข่าย ต่อมาในปี พ.ศ. 2555 กระแสการวิ่งในไทยกลับมาได้รับความสนใจในวงกว้างอีกครั้ง จากกระแสภาพยนตร์ “รัก 7 ปี ดี 7 หน” ซึ่งมีการนำการวิ่งมาราธอนมาใช้ในการดำเนินเรื่องราวของคนสองคนที่หันมาออกกำลังกาย ในอีกแง่มุมหนึ่งยังสะท้อนให้เห็นเสน่ห์ของการวิ่ง หนึ่งในบุคคลที่ได้รับอิทธิพลจากภาพยนตร์เรื่องนี้ คือ นายอาทิตย์วราห์ คงมาลัย หรือตูน บอดี้สแลม ศิลปินที่ผันตัวกลายเป็นนักวิ่งที่ทุ่มเทกับการวิ่งและสร้างวินัยให้ตนเอง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าภาพยนตร์เรื่องรัก 7 ปี ดี 7 หน เป็นจุดเริ่มต้นของกระแสความนิยมการออกกำลังกายด้วยการวิ่ง หรือ Thai running boom ในยุคที่ 2 ของประเทศไทย ประกอบกับในต้นปี พ.ศ.2559 ได้เกิดกิจกรรม “Bogie99 5K running boom”

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรณรงค์ให้คนไทยหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพด้วยการออกกำลังกาย และระดมทุนบริจาคเพื่อการกุศล กิจกรรมนี้จัดขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ณ สวนลุมพินี โดยนายทองศักดิ์ ศุภทรัพย์ ดารานักแสดงหรือที่นักวิ่งรู้จักกันในนาม “ฟีนิง” ได้ชักชวนกลุ่มนักวิ่งมาต่อแถวเป็นขบวนรถไฟ เพื่อระดมทุนช่วยเหลือชาวไทยภูเขา หลังจากนั้นได้ส่งคำทำไปถึงบุคคลอีก 9 คน ให้จัดขบวนรถไฟนักวิ่ง วิ่งเป็นระยะทาง 5 กิโลเมตร พร้อมกับบริจาคเงินเพื่อการกุศล เช่น นายชัชชาติ สิทธิพันธุ์ ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร คนที่ 17 คุณเจมส์ เรืองศักดิ์ ลอยชูศักดิ์ นักร้องและนักแสดง ครูดิน สถาพร จันท์พงษ์ศรี อดีตนักวิ่งทีมชาติไทยและผู้เชี่ยวชาญด้านการวิ่งของเมืองไทย นายอิทธิพล สมุทรทอง ผู้ก่อตั้ง 42.195 K. Club เราจะไปมาราธอนด้วยกันอาจารย์ณรงค์ เทียมเมฆ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวิ่ง และนายกฤษดา เรืองอารีย์รัชต์ ผู้อำนวยการไทยพีบีเอส เป็นต้น โดยท้ายที่สุดแล้วกิจกรรม Bogie 99 ได้รับความสนใจเป็นวงกว้างและเกิดเป็นกิจกรรมขึ้นในหลายจังหวัด มีการรวมกลุ่มกันวิ่งเป็นขบวนรถไฟพร้อมกับร่วมบริจาคเงินเพื่อการกุศล และยังมีผู้ที่รักและสนใจการออกกำลังกายร่วมกิจกรรมการกุศลจัดวิ่งรอบหมู่บ้าน สวนสาธารณะ พร้อมกับบันทึกภาพและวิดีโอเพื่อแลกเปลี่ยนกันชมอย่างคึกคัก ซึ่งถือว่าเป็น Thai running boom ยุคที่ 2 ของประเทศไทย (ทรงศักดิ์ รักพ่วง, 2562)

การวิ่งมาราธอนในประเทศไทย ยุคที่ 3 (พ.ศ.2559-ปัจจุบัน) กระแสการวิ่งในประเทศไทยนับได้ว่าได้รับความนิยมเป็นอย่างมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากสถิติผู้ออกกำลังกายด้วยการวิ่งในประเทศไทยด้วยกิจกรรมเดิน-วิ่งเพื่อสุขภาพ ที่เพิ่มขึ้นในอัตราตัวเลขสองหลักทุกปี จากร้อยละ 15.4 ในปี พ.ศ. 2557 มาถึงร้อยละ 18.2 ในปี พ.ศ. 2559 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นร้อยละ 23.1 และ 24.4 ในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2661 ตามลำดับ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2560)

จากสถิติดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่าคนไทยหันมาใส่ใจการออกกำลังกายด้วยการวิ่งมากขึ้น ประกอบกับในช่วง 2 ถึง 3 ปีที่ผ่านมา มีการจัดงานวิ่งทุกสัปดาห์ ทั้งลักษณะงานเล็กและงานใหญ่ระดับประเทศ อีกหนึ่งสิ่งที่กระตุ้นให้กระแสการวิ่งเติบโต คือ โลกออนไลน์ (Social media network) เนื่องจากเป็นช่องทางที่สามารถกระจายข่าวสารและสร้างการเป็นกลุ่มก้อนของคนที่ชื่นชอบการวิ่งได้ อีกทั้งยังสามารถใช้พื้นที่แสดงกิจกรรมหรือสถิติการวิ่งของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้ด้วย ซึ่งได้กลายเป็นแรงบันดาลใจหรือเป็นแรงกระตุ้นให้เพื่อนในสังคมออนไลน์คนอื่นๆ สนใจและอยากออกกำลังกายด้วยการวิ่งได้เช่นกัน ส่งผลให้วงการวิ่งค่อยๆ เติบโตขึ้น ต่อมาในช่วงปลายปี พ.ศ. 2559 ได้เกิดโครงการก้าวคนละก้าว เพื่อโรงพยาบาลบางสะพาน โดยนักวิ่งชื่อดังของเมืองไทย คือ นายอาทิตย์ คุมมาลัย หรือตูน บอดี้สแลม ซึ่งทำการระดมทุนด้วยการวิ่งมาราธอน เริ่มต้นจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ถึงโรงพยาบาลบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ รวมระยะทางทั้งสิ้นกว่า 400 กิโลเมตร เพื่อระดมทุนช่วยเหลือโรงพยาบาลบางสะพานในการซื้อ

เครื่องมือแพทย์ที่ขาดแคลน และสามารถระดมทุนจากคนไทยทั่วประเทศได้จำนวนกว่า 70 ล้านบาท (ไทยพีบีเอส, 2559)

หลังจากนั้นปลายปี พ.ศ.2560 คุณ บอดีส์แลม ได้นำข้อมูลที่ได้จากกิจกรรม “ก้าวคนละก้าว เพื่อโรงพยาบาลบางสะพาน มาวิเคราะห์และพบว่าหนึ่งในข้อมูลที่น่าสนใจคือการระดมทุนช่วยเหลือแก่ โรงพยาบาลศูนย์ ซึ่งเป็นโรงพยาบาลขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ตามจุดยุทธศาสตร์ของกระทรวงสาธารณสุขทั่วประเทศ ซึ่งต้องรับหน้าที่เป็นศูนย์กลางการรักษาให้จังหวัดใกล้เคียง ในการส่งผู้ป่วย การรักษาที่ซับซ้อนมาให้ทำการรักษา ซึ่งคุณเชื่อว่าการระดมทุนเพื่อมอบให้กับโรงพยาบาลศูนย์ต่างๆ ทั่วประเทศ จะเป็น วิธีการบริจาคที่สามารถกระจายความช่วยเหลือได้กว้างที่สุด จึงได้จัดโครงการ ก้าวคนละก้าว ครั้งที่ 2 เพื่อระดมทุนซื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์ให้ 11 โรงพยาบาลศูนย์ โดยเริ่มวิ่งจาก อำเภอเบตง จังหวัดยะลา ไปสิ้นสุดที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย รวมระยะทาง 2,191 กิโลเมตร โดยหลังจากเสร็จสิ้นโครงการก้าวคนละก้าว ครั้งที่ 2 สรุปยอดบริจาคเงินทั้งสิ้นประมาณ 1,380 ล้านบาท ทั้งนี้โครงการก้าวคนละก้าวของคุณ บอดีส์แลม ได้สร้างปรากฏการณ์รวมน้ำใจคนไทยไว้มากที่สุดครั้งหนึ่งในประวัติศาสตร์ สิ่งที่คุณได้รับนอกเหนือจากเงินช่วยเหลือโรงพยาบาล คือ ตัวอย่างในการทำความดี การเสียสละ และช่วยสร้างแรงบันดาลใจให้คนไทยหันมาออกกำลังกายวิ่ง จนเป็นกระแสที่ได้รับความนิยมไปทั่วประเทศซึ่งส่งผลให้เกิด Thai running boom ในยุคที่ 3 (ทรงศักดิ์ รักพวง, 2562)

ประเภทของกีฬาวิ่งมาราธอน

จากการศึกษารายงานการวิ่งมาราธอนในประเทศไทยของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (2562) พบว่าในปัจจุบันประชาชน ทุกเพศ ทุกวัย มีความตื่นตัว และให้ความสนใจเข้าร่วมกิจกรรมวิ่ง ประเภทถนนเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก จากการรวบรวมข้อมูลรายการวิ่งทั่วประเทศ ทั้งมินิมาราธอน (Mini marathon) ฮาล์ฟมาราธอน (Half marathon) มาราธอน (Marathon) รวมทั้งเทรล (Trail) พบว่าในปี พ.ศ. 2561 มีการจัดงานวิ่งทั้งหมด 1,419 รายการ เฉลี่ยสัปดาห์ละ 27 รายการ นับว่ามากที่สุดเป็นประวัติการณ์ของการจัดงานวิ่งในประเทศไทย ซึ่งมากกว่าปี พ.ศ. 2560 ที่มีการจัดการแข่งขัน 851 รายการ หรือเพิ่มมากขึ้นถึง 568 รายการ โดยสามารถจัดแบ่งประเภทของการจัดกิจกรรมวิ่งที่นิยมในประเทศไทย ประกอบด้วย 4 ประเภท ดังนี้

- 1) การวิ่งเพื่อความสนุกสนาน (ฟันทัน) ระยะทางไม่เกิน 5 กิโลเมตร
- 2) การวิ่งมินิมาราธอน ระยะทาง 10 กิโลเมตร
- 3) การวิ่งฮาล์ฟมาราธอน ระยะทาง 21.1 กิโลเมตร
- 4) การวิ่งมาราธอน ระยะทาง 42.195 กิโลเมตร

การจัดระดับคุณภาพและมาตรฐานของการจัดงานหรือการจัดกิจกรรมวิ่งในไทย

จากการศึกษาการวิ่งมาราธอนในประเทศไทย (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2562) ได้แบ่งการจัดกิจกรรมวิ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 การจัดกิจกรรมวิ่งประเภทถนนตามมาตรฐานที่เป็นไปตามคู่มือการจัดกิจกรรมวิ่งประเภทถนนของประเทศไทย (ประกาศของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา) ตัวอย่างของรายการวิ่งที่มีชื่อเสียง เช่น

- 1) จอมบึงมาราธอน
- 2) กรุงเทพมหานครมาราธอน
- 3) ภูเก็ตมาราธอน
- 4) เชียงใหม่มาราธอน

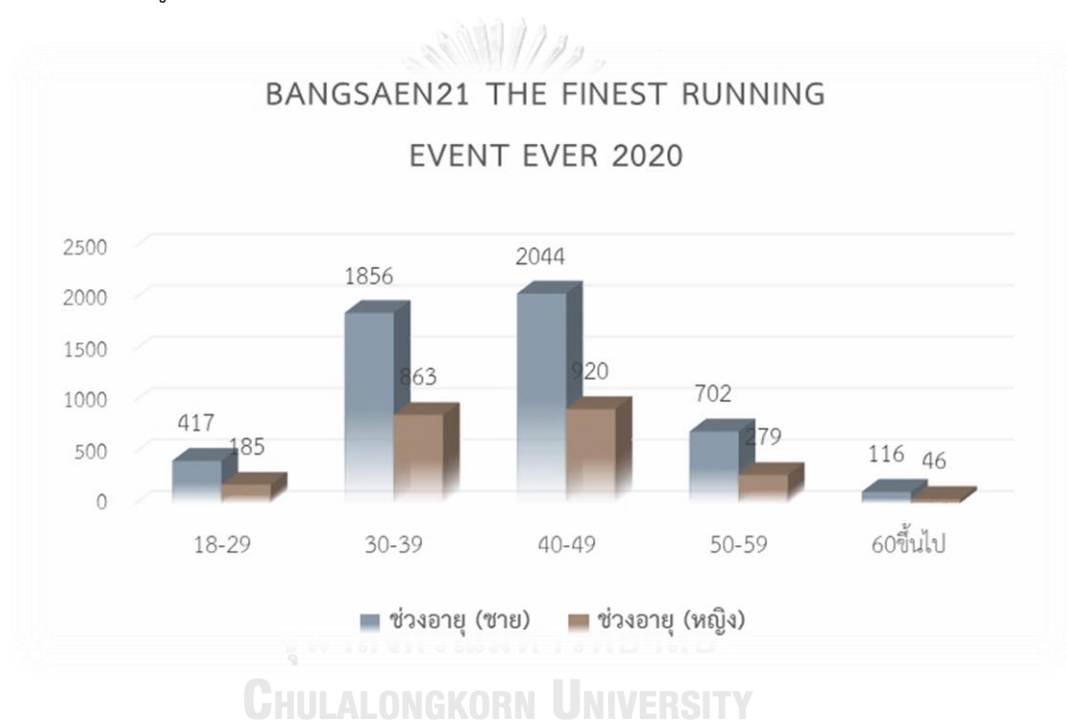
ประเภทที่ 2 การจัดกิจกรรมประเภทถนนตามมาตรฐานในระดับประเทศหรือระดับนานาชาติ โดยการจัดงานต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของสมาคมกรีฑาแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และสหพันธ์สมาคมกรีฑานานาชาติ (International association of athletics federations: IAAF) ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีรายการวิ่งที่ผ่านการรับรองแล้วรวมจำนวนทั้งสิ้นจำ 3 รายการ ได้แก่

- 1) บางแสน 21 ไฟเนสต์ รันนิ่ง อีเวนท์ เดอะ เอฟเวอร์ (Bangsaen 21 the finest running event ever) ได้รับการรับรองมาตรฐานระดับ Silver label ระยะทาง 21 กิโลเมตร (ประชาชาติธุรกิจ, 2561)
- 2) บางแสน 42 มาราธอน (Bangsaen 42 marathon) ได้รับการรับรองมาตรฐานระดับ Bronze label ระยะทาง 42.195 กิโลเมตร (องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี, 2563)
- 3) บุรีรัมย์ มาราธอน (Buriram marathon) ได้รับได้รับการรับรองมาตรฐานระดับ Silver label ระยะทาง 42.195 กิโลเมตร (มติชน, 2563)

สำหรับการแข่งขันในประเทศไทยที่มีการจัดงานมหกรรมการวิ่งฮาล์ฟมาราธอน ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานจาก IAAF มีจำนวน 1 รายการ คือ บางแสน 21 ไฟเนสต์ รันนิ่ง อีเวนท์ เดอะ เอฟเวอร์ 2020 (Bangsaen21 the finest running event ever 2020) มีการจัดการแข่งขันครั้งล่าสุดในวันที่ 20 ธันวาคม 2563 บริเวณถนนเลียบชายหาด หน้าโรงแรมและศูนย์ประชุมบางแสน เฮอริเทจ ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (แนวหน้า, 2563) จากรายงานข้อมูลของผู้เข้าร่วมการแข่งขันพบว่า มีผู้เข้าร่วมการแข่งขันเพศชาย จำนวน 5,145 คน เพศหญิง จำนวน 2,283 คน รวมเป็นจำนวน 7,428 คน

โดยช่วงอายุโดยรวมของผู้เข้าร่วมแข่งขัน แบ่งออกเป็นช่วงอายุ 18 ถึง 29 ปี เพศชาย จำนวน 417 คน เพศหญิง จำนวน 185 คน ช่วงอายุ 30 ถึง 39 ปี เพศชาย จำนวน 1,856 คน เพศหญิง จำนวน 863 คน ช่วงอายุ 40 ถึง 49 ปี เพศชาย จำนวน 2,044 คน เพศหญิง จำนวน 920 คน ช่วงอายุ 50 ถึง 59 ปี เพศชาย จำนวน 702 คน เพศหญิง จำนวน 279 คน และช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป เพศชาย จำนวน 116 คน เพศหญิง จำนวน 46 คน (Bangsaen 21 the finest running event ever 2020, 2020)

เพื่อแสดงการเปรียบเทียบเพศและช่วงอายุของผู้เข้าร่วมการแข่งขันให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สามารถแสดงเป็นแผนภูมิแท่ง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบเพศ และช่วงอายุของผู้เข้าร่วมการแข่งขัน
บางแสน 21 ไฟเนสต์ รันนิง อีเว้นท์ เดอะ เอฟเวอร์ 2020
ที่มา: Bangsaen 21 the finest running event ever 2020 (2020)

ระบบพลังงานที่ใช้ในการวิ่งมาราธอน

สิ่งมีชีวิตต้องการพลังงานเพื่อสนับสนุนการดำรงชีวิต โดยใช้พลังงานสำหรับการสังเคราะห์ โมเลกุลขนาดใหญ่จากสารตัวกลางโมเลกุลขนาดเล็ก การขนส่งสารผ่านการเข้าออกเยื่อหุ้ม รวมถึงการทำงานเชิงกล เช่น การยึดหดของกล้ามเนื้อ และเพื่อให้เกิดความแม่นยำของระบบการส่งถ่ายข้อมูลชีวภาพในเซลล์ เป็นต้น พลังงานอิสระในกระบวนการเหล่านี้ถูกขับเคลื่อนมาจากสิ่งแวดล้อม โดยในพวกโฟโตทรอป (Phototroph) ได้พลังงานจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ในขณะที่คีโมทรอป (Chemotroph) ได้พลังงานจากการออกซิเดชันสารอาหาร ไม่ว่าพลังงานอิสระมาจากการสังเคราะห์แสงหรือการสลายสารอาหาร พลังงานบางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็นสารพิเศษเพื่อใช้ใน ระบบชีวสังเคราะห์ การขนส่งสาร การเคลื่อนไหว สารประกอบพิเศษดังกล่าว คือ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate; ATP) (วรวิวัฒน์ พรหมเด่น, 2561) โดย ATP สามารถสังเคราะห์ขึ้นโดย 3 ระบบพลังงาน คือ 1) ระบบเอทีพี-ซีพี (ATP-CP) จะให้พลังงานอย่างรวดเร็ว เพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเฉียบพลันในระยะเวลาอันสั้นประมาณ 8 ถึง 10 วินาที 2) ระบบแอนแอโรบิก-แลคติก (Anaerobic-lactic) เป็นการที่ร่างกายสลายไกลโคเจนโดยไม่อาศัยออกซิเจน ซึ่งพลังงานที่ได้ จะใช้สำหรับการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ เพื่อให้ร่างกายสามารถออกกำลังกายในระยะเวลาที่นานกว่าระบบแรกแต่ไม่นานมากนัก พลังงานที่สังเคราะห์ได้ในร่างกายสามารถใช้ได้ประมาณ 80 ถึง 100 วินาที และ 3) ระบบพลังงานแบบแอโรบิก เป็นพลังงานที่สังเคราะห์ได้ในปริมาณเพียงพอสำหรับการออกกำลังกายในระดับความหนักปานกลางและระยะเวลายาวนานโดยไม่มีเวลาสิ้นสุด ร่างกายยังสามารถจัดหาออกซิเจน กลูโคส กรดไขมัน และกรดอะมิโน เข้าสู่กระแสเลือดให้เพียงพอต่อกระบวนการสังเคราะห์พลังงานที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในร่างกาย (โรจพล บุณรักษ์, 2561)

กีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เป็นชนิดกีฬาที่ใช้ในระยะเวลาในการแข่งขันยาวนาน 2 ถึง 3 ชั่วโมง (Bangsaen21 the finest running event ever 2020, 2020) การได้มาซึ่งพลังงานที่เพียงพอตลอดระยะเวลาของการแข่งขันเป็นพลังงานจากระบบแอโรบิกเป็นหลัก โดยพลังงานที่ได้เกิดจากกระบวนการออกซิเดทีฟ ไกลโพลีซิส 80% และออกซิเดทีฟ ไกลโคไลซิส 20% (Bompa and Buzzichelli, 2015) ทั้งนี้ในขณะการแข่งขัน อวัยวะของร่างกายหลายระบบจะทำงานร่วมกันแบบบูรณาการอย่างสมบูรณ์ เพื่อจัดหาพลังงานมาให้เพียงพอสำหรับการวิ่ง รวมไปถึงจัดการกำจัดของเสีย ออกนอกร่างกาย หรือแม้กระทั่งการรักษาสมดุลความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย (โรจพล บุณรักษ์, 2561) โดยมีรายละเอียดของพลังงานในแต่ละระบบดังนี้

ระบบเอทีพี-ซีพี (ATP-CP)

อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate) หรือ ATP เกิดขึ้นโดยกระบวนการทางเคมีสำคัญที่เรียกว่าฟอสฟอริเลชัน (Phosphorylation) (คณัย เทียนทอง, 2561) ในระบบนี้จะสังเคราะห์ ATP โดยการแตกตัวของฟอสโฟครีเอทีน (phosphocreatine; CP) ได้ครีเอทีน (Creatine) กับหมู่ฟอสเฟต (Phosphate; Pi) ซึ่ง Pi ที่แตกตัวออกมานั้นจะไปรวมกับ ADP ได้เป็น ATP การได้มาซึ่งพลังงานในระบบนี้เป็นพลังงานที่หมุนเวียนอย่างรวดเร็วและหมดไปภายในระยะเวลา 10 วินาที และไม่มีกระบวนการสังเคราะห์เพื่อเก็บสะสมในปริมาณมาก (วรวัฒน์ พรหมเด่น, 2561)

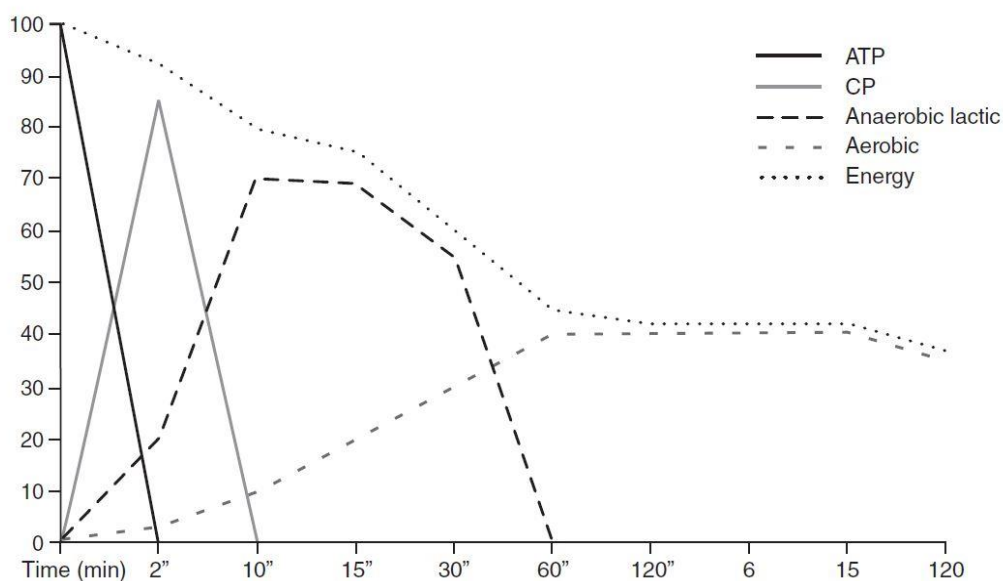
ระบบแอนแอโรบิก-แลคติก (Anaerobic-lactic)

การสร้างพลังงานในระบบนี้เป็นการสลายกลูโคสในร่างกาย โดยปฏิกิริยาแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis) ได้กรดไพรูวิก (Pyruvic acid) (Fleuck & Eilers, 2010) สำหรับการเผาผลาญกรดไพรูวิกในกระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน จึงมีของเสียคือกรดแลคติก และถ้าร่างกายมีระดับกรดแลคติกในกระแสเลือดปริมาณมากกว่า 4 มิลลิโมลต่อลิตร จะส่งผลทำให้นักกีฬาเกิดความเมื่อยล้าได้ (Bompa & Buzzichelli, 2015)

ระบบแอโรบิก (Aerobic)

การสังเคราะห์พลังงานแบบใช้ออกซิเจน เป็นระบบพลังงานที่หลักที่สำคัญสำหรับนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอน โดยขณะที่มีการวิ่งอย่างต่อเนื่องร่างกายจะสลายไกลโคเจนเป็นกลูโคส ขณะเดียวกันไตรกลีเซอไรด์ ถูกสลายเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล (Fleuck & Eilers, 2010) จากนั้นทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนไปหลายขั้นตอนจากกระบวนการเฉพาะสายของสารอาหาร จนสุดท้ายจะได้สารแอสีทิลโคเอนไซม์เอ (Acetyl coenzyme A; Acetyl coA) เพื่อเข้าสู่การออกซิเดทีฟ เมแทบอลิซึม (Oxidative metabolism) จนได้ ATP (โรจพล บุณรักษ์, 2561) โดยการเผาผลาญกลูโคส 1 โมเลกุลจะได้พลังงาน 36 ATP แต่การเผาผลาญพลังงานจากกรดไขมัน เช่น กรดปาล์มิติก (Palmitic acid) 1 โมเลกุลจะได้พลังงานที่สูงกว่า คือ 131 ATP (Fleuck & Eilers, 2010)

สำหรับการวิ่งฮาล์ฟมาราธอน ระดับความเข้มข้นของการวิ่งมีผลต่อการสลายสารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานสำรองที่ถูกสะสมไว้ในร่างกาย ว่าขณะนั้นจะมุ่งเน้นให้ร่างกายนำสารอาหารประเภทใดเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์พลังงานเป็น ATP เพื่อให้ร่างกายมีพลังงานเพียงพอสำหรับการวิ่งและสามารถวิ่งได้ในระยะเวลานาน ดังนั้น ระบบพลังงานระบบเอทีพี-ซีพี ระบบแอนแอโรบิก-แลคติก และระบบแอโรบิก จะผลานการทำงานกันอย่างเป็นระบบ ดังรูปที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงระบบพลังงานของนักกีฬาที่ใช้ระยะเวลาในการแข่งขัน 120 นาที
ที่มา: Bompa & Buzzichelli (2015)

กล่าวโดยสรุป การที่กลไกร่างกายของนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนจะเลือกใช้แหล่งสารอาหารเพื่อสังเคราะห์เป็นพลังงานจากแหล่งใดนั้น จะแปรผันตามความเข้มข้นของการออกกำลังกาย ทั้งนี้ การที่ร่างกายสลายไกลโคเจนโดยไม่อาศัยออกซิเจนให้เป็น ATP ยังมีข้อจำกัด คือ ได้ปริมาณของ ATP จำนวนไม่มากและหมดลงอย่างรวดเร็ว ร่างกายจึงจำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานจากแหล่งสำรองอื่นๆ ซึ่งก็คือ แหล่งพลังงานจากระบบออกซิเดทีฟ ไกลโคไลซิสและออกซิเดทีฟ ไลโปไลซิส โดยทั้งสองแหล่งพลังงานเป็นการเผาผลาญพลังงานแบบใช้ออกซิเจน แต่มีข้อแตกต่างกัน คือ การเผาผลาญกลูโคส 1 โมเลกุลจะได้พลังงาน 36 ATP และกรดไพรูวิกที่ได้จากการสลายกลูโคสบางส่วนถูกดึงไปสู่กระบวนการแอนแอโรบิก ส่งผลทำให้ร่างกายมีของเสียเกิดขึ้น คือ กรดแลคติก และแม้ว่ากรดแลคติกสามารถหมุนเวียนกลับไปเป็นกลูโคส ได้ แต่การเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นในขณะแข่งขัน อาจไม่สามารถทำให้กรดแลคติกหมุนเวียนกลับไปเป็นกลูโคส เพื่อเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์เป็น ATP ได้ทัน ถ้าระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดสูงขึ้นไปอย่างต่อเนื่อง นักกีฬาจะเกิดความเหนื่อยล้ามากขึ้น ผนวกกับร่างกายต้องเร่งการเผาผลาญไกลโคเจน เพื่อสังเคราะห์เป็น ATP ให้เพียงพอ ถ้าปริมาณไกลโคเจน ไม่เพียงพออาจทำให้นักวิ่งอาจเกิดภาวะหมดแรง (Hit the wall) (Rapoport, 2010) ไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว และนักกีฬามีพลังงานเพียงพอสำหรับการวิ่ง ร่างกายควรมีการเผาผลาญแหล่งพลังงานจากกรดไขมันให้มีระดับที่สูงขึ้นกว่าปกติและสามารถเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ต่อเนื่อง และครอบคลุมช่วงระยะเวลาในการวิ่ง โดยปกติการเผาผลาญ

กรดไขมัน เช่น การสลาย 1 โมเลกุลของกรดพาลมิติก จะได้พลังงานที่สูงถึง 131 ATP (Fleuc and Eilers, 2010) การมีพลังงานเพียงพอจะสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพของการวิ่งดีขึ้น ถึงแม้ว่าการสังเคราะห์พลังงานจากกรดไขมันจะใช้เวลานานกว่าการสังเคราะห์พลังงานจากกลูโคส แต่พลังงานที่ได้มีปริมาณ ATP ที่มากกว่าและเพียงพอสำหรับการวิ่งแบบทนทาน และถ้าร่างกายมีพลังงานปริมาณมากพอจากการสลายกรดไขมัน กลไกของร่างกายจะสามารถชะลอการสลายไกลโคเจน ทำให้นักกีฬามีปริมาณของไกลโคเจน เหลือสำหรับการสลายให้เป็นพลังงานในขณะต้องเร่งระดับความเข้มข้นของการแข่งขัน เช่น ขณะกำลังวิ่งเพื่อให้ถึงเส้นชัย และเพื่อป้องกันภาวะหมดแรงของนักกีฬาได้อีกด้วย (Cox et al., 2002)

สมรรถภาพทางกาย

ความหมายของสมรรถภาพทางกาย

สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) หมายถึง สภาพของร่างกายที่อยู่ในสภาพที่ดี เพื่อช่วยให้บุคคลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดอัตราเสี่ยงของปัญหาสุขภาพที่เป็นสาเหตุจากการออกกำลังกาย สร้างความสมบูรณ์และแข็งแรงของร่างกายในการเข้าร่วมกิจกรรมการออกกำลังกายได้อย่างหลากหลาย บุคคลที่มีสมรรถภาพทางกายดีจะสามารถปฏิบัติกิจต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การออกกำลังกาย การเล่นกีฬา และการแก้ไขสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างดี (สุพิตร สมานิติ, 2541)

ประเภทของสมรรถภาพทางกาย

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (Health-related physical fitness) และสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related physical fitness)

สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (Health-related physical fitness)

หมายถึง สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสุขภาพและเพิ่มความสามารถในการทำงานของร่างกายซึ่งจะมีส่วนช่วยในการลดปัจจัยเสี่ยง ในการเกิดโรคต่างๆ ได้เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคปวดหลัง ตลอดจนปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการขาดการออกกำลังกาย (สุพิตร สมานิติ, 2541) โดยกรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ได้แบ่งสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ ไว้ดังนี้

1) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ หรือ กลุ่มกล้ามเนื้อที่ออกแรงด้วยความพยายามในครั้งหนึ่งๆ เพื่อต้านกับแรงต้านทาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะทำให้เกิดความตึงตัว เพื่อใช้แรงในการดึงหรือยกของต่างๆ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะช่วยทำให้ร่างกายทรงตัวเป็นรูปร่างขึ้นมาได้หรือที่เรียกว่าความแข็งแรงเพื่อรักษา

ทรวดทรงซึ่งจะเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ช่วยให้ร่างกายทรงตัวต้านกับแรงโน้มถ่วงของโลกให้อยู่ได้โดยไม่ล้ม อีกทั้งยังใช้ในการเคลื่อนไหวขั้นพื้นฐาน เช่น การวิ่ง การกระโดด การเขย่ง การกระโจน การกระโดดขาเดียว การกระโดดสลับเท้า เป็นต้น ความแข็งแรงอีกชนิดหนึ่งของกล้ามเนื้อเรียกว่าความแข็งแรงเพื่อเคลื่อนไหวในมุมต่างๆ ได้แก่ การเคลื่อนไหวแขนและขาในมุมต่างๆ เพื่อเล่นเกมกีฬา การออกกำลังกาย หรือการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน เป็นต้น

2) ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะรักษาระดับการใช้แรงปานกลางได้เป็นเวลานาน โดยการออกแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ หรือหลายครั้งติดต่อกัน ความอดทนของกล้ามเนื้อสามารถเพิ่มมากขึ้นได้โดยการเพิ่มจำนวนครั้งในการปฏิบัติกิจกรรมซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น อายุ เพศ ระดับสมรรถภาพทางกาย และชนิดของการออกกำลังกาย

3) ความอ่อนตัว (Flexibility) เป็นความสามารถของข้อต่อต่างๆ ของร่างกายที่เคลื่อนไหวได้เต็มช่วงของการเคลื่อนไหว การพัฒนาด้านความอ่อนตัวทำได้โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและเอ็นหรือการใช้แรงต้านทานในกล้ามเนื้อและเอ็นให้ต้องทำงานมากขึ้น การยืดเหยียดของกล้ามเนื้อทำได้ทั้งแบบอยู่กับที่หรือแบบที่มีการเคลื่อนไหว เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดควรใช้การยืดเหยียดของกล้ามเนื้อในลักษณะอยู่กับที่ นั่นคืออวัยวะส่วนแขนและขาหรือลำตัวจะต้องเหยียดจนกว่ากล้ามเนื้อจะรู้สึกตึงและอยู่ในท่าเหยียดกล้ามเนื้อในลักษณะนี้ประมาณ 10 วินาที

4) ความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular endurance) เป็นความสามารถของหัวใจและหลอดเลือดที่จะลำเลียงออกซิเจนและสารอาหารต่างๆ ไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงในขณะทำงาน ส่งผลให้ร่างกายทำงานได้เป็นระยะเวลานาน สำหรับการพัฒนาหรือเสริมสร้างสมรรถภาพด้านนี้จะต้องให้มีการเคลื่อนไหวร่างกายโดยใช้ระยะเวลาติดต่อกันประมาณ 15 นาทีขึ้นไป

5) องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) หมายถึง ส่วนต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็น น้ำหนักตัวของร่างกายโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นไขมัน (Fat mass) และส่วนที่ปราศจากไขมัน (Fat-free mass) เช่น กระดูก กล้ามเนื้อ และแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกาย โดยทั่วไปองค์ประกอบของร่างกายจะเป็นดัชนีประมาณค่าที่ทำให้ทราบถึงร้อยละของน้ำหนักที่เป็นส่วนของไขมันที่มีอยู่ในร่างกายกับน้ำหนักของส่วนอื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบ เช่น ส่วนของกระดูก กล้ามเนื้อ และอวัยวะต่างๆ (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, กรมพลศึกษา, 2562)

สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related physical fitness)

หมายถึง สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุนให้เกิดระดับความสามารถและทักษะในการแสดงออกของการเคลื่อนไหว และการเล่นกีฬาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ได้แบ่งสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ ไว้ดังนี้

- 1) ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ โดยใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด ซึ่งกล้ามเนื้อจะต้องออกแรงและหดตัวด้วยความเร็วสูงสุด
- 2) กำลังของกล้ามเนื้อ (Muscle power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานโดยการออกแรงสูงสุดในช่วงที่สั้นที่สุดซึ่งจะต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วเป็นองค์ประกอบหลัก
- 3) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและ ตำแหน่งของร่างกายในขณะที่กำลังเคลื่อนไหวโดยใช้ความเร็วได้อย่างเต็มที่ จัดเป็นสมรรถภาพทางกายที่จำเป็นในการนำไปสู่การเคลื่อนไหวขั้นพื้นฐานสำหรับทักษะในการเล่นกีฬาประเภทต่างๆ
- 4) การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการควบคุม และรักษาตำแหน่งท่าทางของร่างกายให้อยู่ในลักษณะตามที่ต้องการได้ ทั้งขณะอยู่กับที่หรือในขณะที่มีการเคลื่อนไหว
- 5) เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) หมายถึง ระยะเวลาที่เร็วที่สุดที่ร่างกายมีการตอบสนองหลังจากที่ได้รับการกระตุ้น ซึ่งเป็นความสามารถของระบบประสาทเมื่อรับรู้การถูกกระตุ้นแล้วสามารถสั่งการให้อวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวให้มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว
- 6) การทำงานที่ประสานกัน (Coordination) หมายถึง ความสัมพันธ์ในการทำงานของระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว ทำให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายสามารถที่จะปฏิบัติกิจกรรมทางกลไกที่สลับซับซ้อนในเวลาเดียวกันอย่างราบรื่นและแม่นยำ (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, กรมพลศึกษา, 2562)

สมรรถภาพความอดทนในทางกีฬา

หมายถึง การที่นักกีฬามีความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของการออกกำลังกายซ้ำๆ โดยมีการกำหนดระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกาย (Exercise intensity) เช่น ความเร็ว ณ % ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยขณะที่ออกกำลังกายจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (Jones & Carter, 2000) ได้แก่

- 1) ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) กล่าวคือ เมื่อมีการออกกำลังกายที่หนักขึ้น กลไกของร่างกายจะต้องมีการปรับตัว โดยการเร่งนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อใช้ในกระบวนการ

เผาผลาญสารอาหารและกระบวนการหมุนเวียนกรดแลคติกให้เป็นพลังงาน เพื่อให้ร่างกายสามารถดำรงไว้ซึ่งสภาวะคงที่ของระดับกรดแลคติกในเลือดในปริมาณที่ไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร เพื่อให้ร่างกายสามารถออกกำลังกายซ้ำๆ นั้นอย่างมีประสิทธิภาพและยาวนานที่สุด (Jones & Carter, 2000) การวัดปริมาณของระดับของกรดแลคติกในเลือด สามารถทำได้โดยการเก็บตัวอย่างเลือด และวิเคราะห์ผลเลือดด้วยเครื่องวิเคราะห์ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer)

2) กระบวนการเผาผลาญไขมัน (Lipid metabolism) กล่าวคือ การที่ร่างกายสามารถใช้พลังงานจากไขมันเป็นเป็นกลุ่มพลังงานหลัก สามารถช่วยให้เพิ่มสมรรถภาพความอดทนได้ (Maffeton, 2015) หมายถึง ร่างกายมีกระบวนการออกซิเดทีฟ ไลโปไลซิส (Oxidative lipolysis) เพื่อเพิ่มอัตราการสลายสลายกรดไขมันอิสระให้เป็นสารชีวโมเลกุลที่ให้พลังงาน คือ อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต (ATP) โดยการสลายกรดไขมันจะได้พลังงานในปริมาณที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มสารอาหารชนิดอื่น ทำให้นักกีฬามีพลังงานเพียงพอในการวิ่งเป็นระยะเวลานาน (Fleuc and Eilers, 2010) การวัดปริมาณกรดไขมันอิสระในเลือด สามารถทำได้โดยการเก็บตัวอย่างเลือด และนำเลือดไปหมุนเหวี่ยงให้ได้พลาสมา แล้ววิเคราะห์ผลเลือดด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer)

3) การวิ่งอย่างประหยัดพลังงาน (Running economy) เป็นอีกหนึ่งสิ่งสำคัญที่สามารถชี้วัดสมรรถภาพความอดทนในนักกีฬาได้ กล่าวคือ ร่างกายจะผสมผสานการทำงานของระบบเผาผลาญพลังงาน ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบการเคลื่อนไหว และระบบกล้ามเนื้อ (Barnes & Kilding, 2015) เข้าด้วยกันอย่างเหมาะสมที่สุด เพื่อให้นักกีฬาสามารถแสดงศักยภาพทางการกีฬาออกมาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและสมบูรณ์ที่สุด เช่น มีเวลาในการวิ่งที่สั้นลง หรือระยะเวลาของการวิ่งที่ยาวนานยาวขึ้น (Maffeton, 2015) การวัดระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง สามารถทำได้โดยจับเวลาที่ใช้ในการวิ่งตั้งแต่เริ่มวิ่งจนเหนื่อยหมดแรงไม่สามารถวิ่งต่อได้ ซึ่งอาจสามารถดูเวลาที่ใช้ในการวิ่งจากหน้าจอแสดงผลของลู่วิ่งไฟฟ้าได้

โภชนาการสำหรับนักกีฬาริ่ง

ความต้องการพลังงานของนักกีฬาฮาล์ฟมาราธอน

การแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอนของนักกีฬาไทย เพศชาย จะใช้ระยะเวลาในการแข่งขันเฉลี่ยประมาณ 2.19.56 ชั่วโมง (Bangsaen21 the finest running event ever 2020, 2020) ซึ่งนักกีฬาที่จะสามารถวิ่งได้ครบระยะอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำสถิติเวลาของการวิ่งได้ตามเป้าหมายนั้น จะต้องมึระบบการสังเคราะห์พลังงานที่เพียงพอ และมีกลไกรักษาระดับกรดแลคติกในเลือดไม่ให้เกินกว่า 4 มิลลิโมลต่อลิตร ให้ยาวนานที่สุด (ทนต่อกรดแลคติก) เพื่อให้ไม่เกิดความเหนื่อยล้าขณะแข่งขัน ดังนั้น การวางแผนโภชนาการกีฬาสำหรับนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญไม่แพ้การฝึกซ้อม

การวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เป็นชนิดกีฬาที่สามารถเทียบเคียงค่าเฉลี่ยสารอาหารจากนักกีฬาประเภททนทานได้ จากการสืบค้นข้อมูลในคู่มือโภชนาการที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาในประเทศไทย พบว่า การจัดหาอาหารให้แก่ นักกีฬาประเภททนทานจะต้องคำนึงถึงพลังงานที่นักกีฬาต้องการใช้ในแต่ละวัน ความหนักในการฝึกฝน และคำนวณแยกความต้องการพลังงานจากโปรตีน (Protein) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) และไขมัน (Fat) โดยมีรายละเอียดของสารอาหารแต่ละประเภท ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สารอาหารของนักกีฬาทนทาน

ประเภทสารอาหาร	ก่อนการแข่งขัน/ ระหว่างการฝึกซ้อม (กรัม/ กิโลกรัม น้ำหนักตัว)	ระหว่างการแข่งขัน (กรัม/ กิโลกรัม น้ำหนักตัว)	หลังการแข่งขัน (กรัม/ กิโลกรัม น้ำหนักตัว)
คาร์โบไฮเดรต	5-12	0.6	3.5
โปรตีน	1.2-3.2	-	1.4
ไขมัน	0.9	-	2.36

ที่มา: สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักพัฒนาการวิจัยการเกษตร คณะแพทยศาสตร์

โรงพยาบาลบรมราชินี (2562)

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า ก่อนการแข่งขันหรือระหว่างการฝึกซ้อมนักกีฬาควรได้รับพลังงานจากสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตในปริมาณ 5 ถึง 12 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1}) พลังงานจากสารอาหารประเภทโปรตีนในปริมาณ 1.2 ถึง 3.2 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1}) และพลังงานจากสารอาหารประเภทไขมันในปริมาณ 0.9 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1}) ระหว่างการแข่งขันนักกีฬาควรได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตในปริมาณ 0.6 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1}) และหลังการแข่งขันนักกีฬาควรได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณ 3.5 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1}) พลังงานจากโปรตีนในปริมาณ 1.4 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1}) และพลังงานจากไขมันในปริมาณ 2.36 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1})

สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Burke, Jeukendrup, Jones, and Mooses (2019) ได้สรุปความต้องการพลังงานของนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนในแถบภูมิภาคแอฟริกาไว้ว่า พลังงานหลักที่ใช้ในการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอนควรมาจากคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ โดยนักกีฬาควรได้รับเสริมสร้างแหล่งพลังงานสำรองในรูปไกลโคเจน ด้วยกระบวนการคาร์โบไฮเดรตโหลดดิ้ง (Carbohydrate loading) กล่าวคือ การให้นักกีฬารับประทานคาร์โบไฮเดรตในปริมาณ 10 ถึง 12 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1}) ก่อนวันแข่งขัน 36 ถึง 48 ชั่วโมง จากนั้นก่อนการแข่งขัน 4 ชั่วโมง จะรับประทานคาร์โบไฮเดรต 1 ถึง 4 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (g/kg^{-1}) อีกทั้งยังต้องลดปริมาณการรับประทาน

โปรตีนและไขมันลง และหลีกเลี่ยงอาหารที่มีกากใยสูง เพื่อลดความเสี่ยงของการระคายเคืองลำไส้ ในขณะแข่งขัน รวมถึงควรมีการให้อาหารเสริมก่อนหรือระหว่างการแข่งขันร่วมด้วย

จากการศึกษาคู่มือโภชนาการที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาในประเทศไทย ควบคู่กับการศึกษาวิจัยของ Burke, Jeukendrup, Jones, and Mooses (2019) พบว่า มีการอธิบายให้เห็นถึงการรับประทานคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูงในช่วงก่อนวันแข่งขัน และลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตลงในปริมาณที่เหมาะสมก่อนร่วมการแข่งขัน รวมไปถึงการให้ลดหรืองดการรับประทานไขมันและโปรตีนในวันแข่งขันและขณะแข่งขัน หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีกากใยสูง อีกทั้งมีการให้รับประทานอาหารเสริมก่อนและระหว่างการแข่งขันเพื่อเพิ่มสมรรถภาพความอดทนให้แก่ นักกีฬา

อาหารเสริมสำหรับนักกีฬาวิ่ง

ปัจจุบันนักกีฬาวิ่งนิยมรับประทานอาหารเสริมเพื่อเสริมสร้างการทำงานของระบบร่างกายที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพทางกาย โดยเฉพาะอาหารเสริมที่สามารถส่งเสริมประสิทธิภาพของสมรรถภาพทางการกีฬา อาทิ เพิ่มความสามารถของระบบไหลเวียนโลหิต การสั่งการของระบบสมอง การกระตุ้นการเผาผลาญพลังงาน และสามารถชะลอความเหนื่อยล้า เป็นต้น เหล่านี้จะสามารถส่งเสริมกระบวนการทางสรีรวิทยา ทำให้นักกีฬาสามารถแสดงสมรรถนะทางการกีฬาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ในปัจจุบันอาหารเสริมที่นิยม ได้แก่ ครีเอทีน (Creatine) ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate) ไนเตรต (Nitrate) และคาเฟอีน (Caffeine) (Burke, Jeukendrup, Jones & Mooses, 2019) โดยรายละเอียดของอาหารเสริมแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อาหารเสริมของนักกีฬาวิ่ง

สารอาหาร	ประโยชน์
ครีเอทีน (Creatine)	เพิ่มความพยายามในการออกกำลังกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Bompa & Buzzichelli, 2015)
ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate)	เพิ่มประสิทธิภาพของการออกกำลังกายประเภททนทาน (Burke, Jeukendrup, Jones, & Mooses, 2019)
ไนเตรต (Nitrate)	เพิ่มการไหลเวียนเลือดและประสิทธิภาพของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Kent et al., 2018)
คาเฟอีน (Caffeine)	เพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงาน (Bompa & Buzzichelli, 2015) และเพิ่มสมรรถภาพความอดทน (Burke, Jeukendrup, Jones, & Mooses, 2019) ลดความเหนื่อยล้าจากการออกกำลังกาย (Jeong-Beom, Hye-Jin, Seung-Jea, & Kim, 2019)

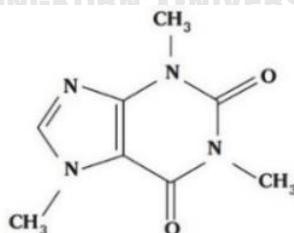
อาหารเสริมแต่ละชนิดล้วนให้คุณประโยชน์ต่อนักกีฬาที่แตกต่างกัน การให้นักกีฬารับประทานอาหารเสริม ควรมีการพิจารณาร่วมกับปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเล่นกีฬา เช่น ระยะเวลาการย่อยอาหารและดูดซึมสารอาหาร ความเสี่ยงต่อการระคายเคืองกระเพาะอาหารและลำไส้ ปริมาณที่เหมาะสม รวมถึงรูปแบบของการรับประทาน จากการรวบรวมข้อมูล พบการบ่งชี้ให้เห็นว่า คาเฟอีนสามารถเพิ่มสมรรถภาพความอดทน (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2563) กระตุ้นการเผาผลาญพลังงานจากไขมัน (Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983) ลดความเหนื่อยล้าจากการออกกำลังกาย (Jeong-Beom, Hye-Jin, Seung-Jea, & Kim, 2019) อีกทั้งช่วยช่วยในการพัฒนาประสิทธิภาพการวิ่งของนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนได้ (Burke, Jeukendrup, Jones, & Mooses, 2019)

คาเฟอีน

โครงสร้างทางวิทยาศาสตร์และลักษณะทั่วไปของคาเฟอีน

คาเฟอีน (Caffeine) ถูกค้นพบครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1820 โดยนักเคมีชาวเยอรมัน ชื่อ ฟรีดริช แฟร์ดีนันด์ รุงจ์ (Friedlieb Ferdinand Runge) (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2563) มีชื่อทางเคมี คือ 1,3,7-ไตรเมทิลแซนทีน (1,3,7-Trimethylxanthine) มีสูตรโมเลกุล คือ $C_8H_{10}N_4O_2$ (กระทรวงมหาดไทย, กระทรวงพาณิชย์, 2545) ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทอัลคาลอยด์ (Alkaloids) ที่พบได้ในพืชหลากหลายชนิด เช่น ชา กาแฟ โกโก้ และโคล่า มีลักษณะเป็นผง หรือผลึกสีเข้ม ไม่มีกลิ่น รสขม สามารถทำละลายได้ดีในน้ำเดือดและตัวทำละลายอินทรีย์ (นิภาพร ชนะคช และกมลกาญจน์ จิฎกานัญญ์, 2548) และมีโครงสร้างทางเคมี ดังภาพที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของคาเฟอีน

ที่มา: นิภาพร ชนะคช และกมลกาญจน์ จิฎกานัญญ์ (2548)

ขอบเขตด้านกฎหมายและปริมาณของสารคาเฟอีนที่พบในผลิตภัณฑ์แปรรูป

ตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยการกำหนดให้สารคาเฟอีนเป็นโคคาอีนที่ควบคุม มีการระบุไว้ว่า สารคาเฟอีนและเกลือของสารดังกล่าว ยกเว้นอนุพันธ์สารคาเฟอีนและยาสำเร็จรูปที่มีสารคาเฟอีนผสมอยู่ซึ่งมีใบอนุญาตนำเข้าและขึ้นทะเบียนตำรับยาจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข เป็นโคคาอีนที่ควบคุมตามกฎหมายกระทรวงนี้ (กระทรวงมหาดไทย, กระทรวงพาณิชย์, 2545)

ดังนั้น ในประเทศไทยจึงสามารถพบเห็นคาเฟอีนในรูปแบบที่เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่ม ซึ่งมีวางจำหน่ายตามท้องตลาด เช่น เครื่องดื่มชูกำลัง ชา กาแฟ และโคล่า ส่วนรูปแบบอื่น เช่น หมากฝรั่ง แคปซูล เม็ด เจลพลังงาน จะพบในตลาดต่างประเทศ โดยมีการรายงานข้อมูลปริมาณคาเฟอีน ที่พบในผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณคาเฟอีนที่พบในผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภค

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณคาเฟอีน
กาแฟ (Coffee)	11 ถึง 250 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร
ชา (Tea)	2 ถึง 540 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร
ช็อกโกแลต บาร์ (Chocolate bar)	21 ถึง 76 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม
ซอฟท์ ดริง (Soft drinks)	10 ถึง 20 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร
เอ็นเนอร์จี ดริง (Energy drinks)	30 ถึง 112 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร
ยาเม็ด (Medication tablets)	30 ถึง 200 มิลลิกรัม ต่อ 1 เม็ด

ที่มา: Preedy (2015)

นอกจากนี้ยังพบคาเฟอีนในรูปแบบของกาแฟแท้ คั่วบด เพื่อชงสำหรับดื่ม โดยสายพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย เพื่อใช้ในการแปรรูปเป็นกาแฟแท้ คั่วบด สำหรับจำหน่าย มี 2 สายพันธุ์ คือ กาแฟอะราบิก้า (Arabica) และกาแฟโรบัสต้า (Robusta) (กิมฟ้า รัศมีเนตร และคณะ, 2564) โดยกาแฟทั้งสองชนิดจะมีปริมาณของสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ร้อยละของปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟแท้

สายพันธุ์กาแฟ	ร้อยละของคาเฟอีน
อะราบิก้า	1.2
โรบัสต้า	2.4

ที่มา: Illy & Viani (2005)

จากข้อมูลตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟสายพันธุ์โรบัสต่านั้นสูงกว่าอะราบิก้าเป็นเท่าตัว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้มีการศึกษาวิจัยปริมาณความเข้มข้นของสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟโรบัสต้า โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) กาแฟโรบัสต้า : พันธุ์ชุมพร 1 มีปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ 2.01%
 - 2) กาแฟโรบัสต้า : พันธุ์ชุมพร 2 มีปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ 2.44%
- (กรมวิชาการเกษตร, ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร, 2563)

ทั้งนี้ ลักษณะเด่นอื่นๆ เช่น รสชาติ หรือพื้นที่สำหรับการเพาะปลูก ยังเป็นส่วนช่วยเพิ่มอรรถรสในการดื่ม และเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาเลือกบริโภคของกลุ่มผู้ที่ชื่นชอบการดื่มกาแฟนอกบ้าน ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกที่สำคัญ คือ ภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศ (ธนาการแห่งประเทศไทย, ฝ่ายนโยบายโครงสร้างเศรษฐกิจ, 2563) โดยกาแฟแต่ละสายพันธุ์ก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีในภูมิภาคที่แตกต่างกัน มีผลผลิตของเมล็ดกาแฟที่ให้รสชาติ และลักษณะเฉพาะ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิก้าและโรบัสต้า

ลักษณะเฉพาะ/ สายพันธุ์	อะราบิก้า	โรบัสต้า
รสชาติ	หอมละมุน มีความเปรี้ยว	เข้มข้นสูง ไม่ค่อยมีความเปรี้ยว
พื้นที่เพาะปลูก	800 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และน่าน	200 ถึง 800 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล เช่น จังหวัดชุมพร ระนอง และสุราษฎร์ธานี

ที่มา: ธนาการแห่งประเทศไทย, ฝ่ายนโยบายโครงสร้างเศรษฐกิจ (2563)

สำหรับบุคคลทั่วไป การรับประทานคาเฟอีนในปริมาณที่เหมาะสม ก่อให้เกิดคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ ขนาดที่แนะนำ คือ ไม่ควรรับประทานเกินวันละ 300 มิลลิกรัม หรือเทียบเท่ากับกาแฟประมาณ 1 ถึง 2 ถ้วย โดยกาแฟ 1 ถ้วย เท่ากับ 150 มิลลิลิตร และมีคาเฟอีน เฉลี่ย 115 มิลลิกรัมต่อถ้วย (มหาวิทยาลัยมหิดล, คณะเภสัชศาสตร์, 2556)

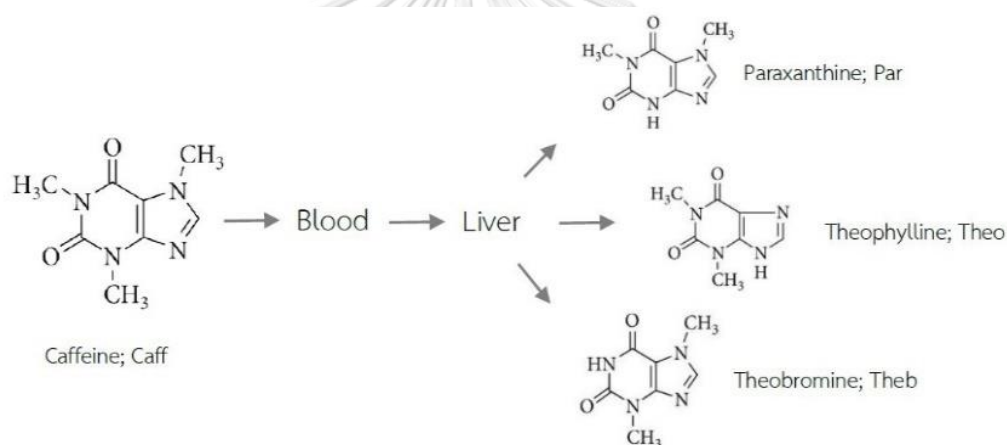
ปริมาณที่เหมาะสมและรูปแบบการรับประทานคาเฟอีนในนักกีฬาวิ่ง

ปริมาณคาเฟอีนที่เหมาะสมสำหรับนักวิ่ง คือ ประมาณ 3 ถึง 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาให้ดียิ่งขึ้น และคาเฟอีนในปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการเล่นกีฬา (Cox et al., 2002; Goldstein et al., 2010) และอาจมีผลทำให้ระดับไขมันในหลอดเลือดสูงขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการหัวใจวายได้ (ณัฐกุล แสงสว่าง และณภัทรวรรณ ธนาพงษ์อนันต์, 2557) การให้นักกีฬารับประทานก่อนการแข่งขัน 60 นาทีเป็นที่นิยมอย่างมาก ส่วนการให้นักกีฬารับประทาน

ระหว่างการแข่งขันหรือเล่นกีฬา พบได้ไม่มากนักและหากรับประทานคาเฟอีนตั้งแต่อ่อนการเล่นกีฬาแล้ว ควรลดปริมาณของการรับประทานระหว่างการเล่นกีฬาลง (Eschbach, 2001)

กลไกการออกฤทธิ์ของคาเฟอีน

เมื่อร่างกายได้รับคาเฟอีนด้วยวิธีรับประทาน จะสามารถเริ่มดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ในช่องปากบริเวณกระพุ้งแก้มเข้าสู่ระบบหลอดเลือด (Gary et al., 2002) จะถูกเผาผลาญที่ตับ โดยเอนไซม์ไซโทโครมพี 450 (Cytochrome P450) (วีระ สุขุมธรรมรัตน์, ไชยพร ยุกเซน และรพีพร โรจน์แสงเรือง, 2555) ได้ผลลัพธ์เป็นสารเมตาโบไลต์ (Metabolite) 3 ชนิด คือ พาราแซนทีน (Paraxanthine) 84%, ทีโอฟีลลีน (Theophylline) 4%, และทีโอโบรมีน (Theobromine) 12% (Goldstein et al., 2010; Lopez-Sanchez, Lara-Diaz, Aranda-Gutierrez, Martinez-Cardona, & Hernandez, 2018) ดังภาพที่ 4



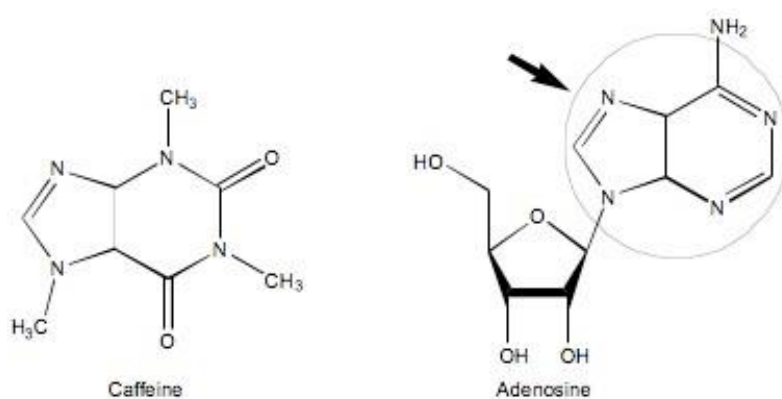
ภาพที่ 4 กระบวนการเผาผลาญคาเฟอีน

ที่มา: Lopez-Sanchez et., al (2018)

ทั้งนี้ ระดับของสารเมตาโบไลต์ทั้ง 3 ชนิด สามารถตรวจพบในพลาสมา (Plasma) ได้ตั้งแต่นาทีที่ 15 และระดับความเข้มข้นของสารอนุพันธ์ดังกล่าว จะสูงขึ้นที่สุดใช้เวลาประมาณ 60 นาทีหลังจากที่รับประทาน (Goldstein et al., 2010) และระดับความเข้มข้นจะค่อยๆ ลดลงและหมดไปภายใน 1.5 ถึง 9.5 ชั่วโมง (Institute of Medicine, 2001) โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 3.7 ชั่วโมง (วีระ สุขุมธรรมรัตน์, ไชยพร ยุกเซน และรพีพร โรจน์แสงเรือง, 2555) อนึ่ง ระยะเวลาการลดลงของระดับของสารเมตาโบไลต์นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านพันธุกรรม ลักษณะทางสรีรวิทยา และสภาวะแวดล้อม (Institute of Medicine, 2001)

คาเฟอีนกับระบบสรีรวิทยามนุษย์

ในทางสรีรวิทยา การที่นักกีฬามีอาการไม่สดชื่น ง่วง หรือเฉื่อยช้า มีสาเหตุมาจากตัวรับอะดีโนซีน (Adenosine receptor) จับกับอะดีโนซีน (Adenosine) ร่างกายมีการตอบสนองโดยการลดกิจกรรมของเซลล์ แต่ถ้าหากร่างกายได้รับสารเมตาโบไลต์ของคาเฟอีน และมีระดับความเข้มข้นในพลาสมาประมาณ 20 ถึง 50 ไมโครโมลต่อลิตร ($\mu\text{mol/L}$) จะสามารถยับยั้งตัวรับอะดีโนซีน ไม่ให้จับกับอะดีโนซีนได้ เนื่องจากสารเมตาโบไลต์ของคาเฟอีนมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับอะดีโนซีนมาก จึงสามารถจับกับตัวรับอะดีโนซีนแทนอะดีโนซีนได้ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงสร้างคาเฟอีนและอะดีโนซีน

ที่มา: University of Waikato (2016)

ปฏิกิริยาเหล่านี้เปรียบเสมือนภาวะฉุกเฉินที่เกิดขึ้นในสมอง ดังนั้น สมองจึงปล่อยฮอร์โมนซึ่งเป็นสารในร่างกายที่สามารถกระตุ้นเซลล์และเนื้อเยื่อ รวมไปถึงต่อมหมวกไตให้ผลิตอะดรีนาลีน (Adrenaline) ส่งผลให้หัวใจเต้นทำงานขึ้น มีผลทำให้หลอดเลือดสามารถส่งกระแสเลือดไหลเวียนไปที่กล้ามเนื้อได้ในปริมาณมากยิ่งขึ้น (ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา, 2564) ทั้งนี้ สารเมตาโบไลต์ (Metabolite) ทั้ง 3 ชนิด จะมีคุณสมบัติเฉพาะที่สามารถกระตุ้นการทำงานต่างๆ ของร่างกายอันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ดังนี้ พาราแซนทีน (Paraxanthine) เพิ่มการสลายกรดไขมัน ธีโอฟิลลีน (Theophylline) เพิ่มการขยายตัวของหลอดเลือด และธีโอโบรมีน (Theobromine) เพิ่มการขยายตัวของหลอดเลือด (วีระ สุขุมธรรมรัตน์, ไชยพร ยุกเซน และรพีพร โรจน์แสงเรือง, 2555)

คาเฟอีนกับสมรรถภาพทางการกีฬา

การที่นักกีฬาได้รับคาเฟอีนในปริมาณที่เหมาะสม และเผาผลาญที่ตับจนได้สารเมตาโบไลต์อย่างสมบูรณ์ จะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นระบบต่างๆ ของร่างกายให้ทำงานเพิ่มมากขึ้น หลายระบบทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพจนสามารถทำให้นักกีฬาสามารถแสดงสมรรถนะทางการกีฬาได้ดียิ่งขึ้น จากการค้นคว้ารายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ พบข้อมูลบ่งชี้ให้เห็นถึงผลของการรับประทานคาเฟอีนที่มีต่อระบบต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ (Gray, 1998) รายละเอียดดังนี้

1) พฤติกรรมและการทำงานของสมอง คือ คาเฟอีนสามารถกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system; CNS) (ณัฐกุล แสงสว่าง และณภัทรวรรณ ธนาพงษ์อนันต์, 2557) เพิ่มการตื่นตัวและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกิจกรรมทางกาย (Smith, Brockman, Flynn, & Thomas, 1993) รวมถึงสามารถเร่งการประมวลผลข้อมูลของระบบความคิด (Bättig & Buzzi, 1986) และยังสามารถชะลอความเหนื่อยล้าได้จากการออกกำลังกายได้ (Jeong-Beom, Hye-Jin, Seung-Jea, & Kim, 2019)

2) กิจกรรมการเผาผลาญพลังงาน คือ คาเฟอีนสามารถกระตุ้นการสลายสารอาหารในร่างกายให้เป็นพลังงาน (Leelarungrayub, Sallepan and Charoenwattana, 2011) โดยเฉพาะการสลายไขมัน (Dean, Braakhuis, & Paton, 2009) ให้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล (DL, GP, & WJ, 1978; Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983) ชะลอการสลายไกลโคเจน (Cox et al., 2020) เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการใช้พลังงานในนักกีฬาประเภททนทาน (Potgieter, Wright, & Smith, 2018)

3) การเคลื่อนตัวของแคลเซียม คือ คาเฟอีนสามารถเพิ่มระดับแคลเซียมในเซลล์โดยการกระตุ้นตัวรับโรอะโนดีน (Ryanodine receptor) ให้ปลดปล่อยแคลเซียมจากซาโคพลาสมิกเรติคูลัม (Sarcoplasmic reticulum) (Cui et al., 2020) ซึ่งมีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อมากขึ้น (Plaskett & Cafarelli, 2001)

กล่าวโดยสรุป ฤทธิ์ของคาเฟอีนสามารถกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ร่างกายตื่นตัว ไม่เฉื่อยชา เพิ่มประสิทธิภาพการสลายสารอาหารให้เป็นพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสลายไขมัน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาที่ต้องใช้ระบบพลังแบบแอโรบิก เพิ่มการเคลื่อนตัวของแคลเซียมในกล้ามเนื้อ เหล่านี้สามารถส่งเสริมสมรรถภาพความอดทนของนักกีฬาประเภททนทานได้ เช่น การวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เป็นชนิดกีฬาที่อาศัยสถิติเป็นสิ่งตัดสินแพ้ชนะ (ณัฐกุล แสงสว่าง และณภัทรวรรณ ธนาพงษ์อนันต์, 2557) การเสริมคาเฟอีนสามารถช่วยให้ร่างกายสามารถสังเคราะห์พลังงานได้ในปริมาณสูง ทำให้นักกีฬามีพลังงานเพียงพอที่ใช้สำหรับการวิ่ง และถือเป็นการเพิ่มโอกาสการเป็นผู้ชนะให้กับนักกีฬาได้

ภาวะดื้อคาเฟอีน

ภาวะดื้อคาเฟอีน (Caffeine Tolerance) เป็นสภาวะที่สมองมีการเพิ่มจำนวนของตัวรับอะดีโนซีนมากขึ้น เพื่อให้ร่างกายเกิดการกระตุ้น จึงจำเป็นต้องดื่มเครื่องดื่มที่มีสารคาเฟอีนในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ (วีระ สุขุมธรรมรัตน์, ไชยพร ยุกเซน และรพีพร โรจน์แสงเรือง, 2555) โดยปกติขนาดที่แนะนำ คือ ไม่ควรรับประทานเกินวันละ 300 มิลลิกรัม (มหาวิทยาลัยมหิดล, คณะเภสัชศาสตร์, 2556)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยในประเทศไทย

ณัฐกุล แสงสว่าง และณภัฏสุวรรณ ธนาพงษ์อนันต์ (2557) ได้ศึกษาเรื่อง คาเฟอีนและความสามารถทางการกีฬา กล่าวไว้ว่า การเสริมสารคาเฟอีนมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ช่วยลดปริมาณการสลายไกลโคเจน และกระตุ้นปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (hydrolysis) ของลิพิดให้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล ในการศึกษาการบริโภคคาเฟอีนในปริมาณ 3 6 และ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ต่อการวิ่งที่ระดับความหนักร้อยละ 85 ของระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด พบว่าการรับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 3 และ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการวิ่งของนักกีฬาได้ แต่การรับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ทำให้ปริมาณไขมันในเลือดเพิ่มสูงขึ้น และอาจส่งผลทำให้เกิดภาวะหัวใจวายได้ และการรับประทานคาเฟอีนร่วมกับกลูโคส ทำให้ไม่เกิดการออกซิเดชันของกรดไขมัน แต่จะพบการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตที่เสริม และสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการสังเคราะห์ไกลโคเจนที่ใช้ในการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายได้ดี สรุปได้ว่า การรับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 3 ถึง 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์พลังงานเพื่อใช้ในการเล่นกีฬาและการออกกำลังกาย รวมถึงสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพความอดทนของนักกีฬาได้

ถนอมศักดิ์ เสนาคำ (2546) ศึกษาผลของการได้รับคาเฟอีนก่อนออกกำลังกายระยะยาวแบบหนักสลับเบาที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทาน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ดื่มที่มีคาเฟอีนหรือกาแฟเป็นประจำ วิธีการได้มาซึ่งตัวอย่างใช้วิธีการการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ อายุเฉลี่ย น้ำหนักตัว ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และงานสูงสุด ผลการทดลองพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับความเหนื่อยทางจิตใจ ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ระดับน้ำตาลในเลือด ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะในการออกกำลังกายของกลุ่มทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ธนวุฒิ แสงบุญ (2550) ศึกษาผลของคาเฟอีนที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาและความเร็วของนักวิ่งระยะสั้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่ง 100 เมตร ในนามทีมชาติไทยชาย อายุ 17 ถึง 19 ปี จำนวน 6 คน ทำการทดลองแบบอำพรางสองฝ่ายแบบไขว้ (Double-blind crossover design) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนี้ 1) S คือ เครื่องดื่มที่เป็นสารละลายซูคราโลส (Sucralose) ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ผสมคาเฟอีน 2) D คือ เครื่องดื่มที่เป็นสารละลายซูคราโลสความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมคาเฟอีน 0.4167 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 3) M คือ เครื่องดื่มที่เป็นสารละลายซูคราโลส ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมคาเฟอีน 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) และ 4) C คือ เครื่องดื่มที่เป็นสารละลายซูคราโลส ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมคาเฟอีน 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) เพื่อศึกษาการออกฤทธิ์ต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ผลการวิจัยพบว่า เมื่อกำลังตัวอย่างได้รับเครื่องดื่มชนิด S, D, M และ C มีผลทำให้เวลาในการออกตัว และความเร็วในการวิ่ง 100 เมตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการได้รับเครื่องดื่ม C จะส่งผลดีที่สุดในทุกตัวแปร

ปณณวิชญ์ เต่นสุมิตร (2554) ศึกษาผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อายุ 18 ถึง 22 ปี เพศชาย จำนวน 10 คน ทำการทดลองแบบอำพรางสองฝ่ายแบบไขว้ ทำการทดสอบแต่ละครั้งห่างกันไม่น้อยกว่า 3 วัน โดยให้กลุ่มตัวอย่างดื่มเครื่องดื่มเป็นเวลา 45 นาที ก่อนการทดสอบสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล โดยแบ่งทำการทดสอบ 2 ครั้งเวลา โดยใช้เวลาครั้งละ 35 นาที พักระหว่างครั้ง 10 นาที วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการแบบ LSD กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับเครื่องดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีน 0 3.5 และ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ไม่มีผลทำให้สมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การได้รับเครื่องดื่มกาแฟที่มีปริมาณคาเฟอีนเล็กน้อยสามารถทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น ซึ่งคาดว่าคาเฟอีนจะมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง

เอกสารและงานวิจัยในต่างประเทศ

Cohen et al. (1996) ศึกษาผลของการรับประทานคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทนในการวิ่งระยะทาง 21 กิโลเมตร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักแข่งวิ่งประเภทถนน มีสุขภาพดี มีการฝึกซ้อมวิ่งสม่ำเสมอ จำนวน 7 คน เพศชาย 5 คน และเพศหญิง 2 คน ก่อนการเข้าร่วมการทดสอบทั้งหมด

คาเฟอีน 24 ชั่วโมง จากนั้นสุ่มให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรับประทานคาเฟอีนที่บรรจุในแคปซูลที่มีปริมาณของคาเฟอีนแตกต่างกัน ได้แก่ 0.5 และ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ก่อนทดสอบการวิ่ง ในทดสอบสภาพอากาศร้อนชื้น อนุญาตให้ดื่มน้ำได้ โดยมีจุดบริการน้ำทุก 5 กิโลเมตร จากนั้นบันทึกข้อมูลค่าระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (RPE) ในกิโลเมตรที่ 10, 15 และ 21 พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างเลือดก่อนและหลังการวิ่ง เพื่อวิเคราะห์ค่าฮีมาโตคริต (Hematocrit; Hct) ระดับกลูโคส และระดับกรดแลคติกในเลือด โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ผลอัตโนมัติ ผลการศึกษาพบว่า เวลาของการวิ่งและตัวแปรด้านเมแทบอลิซึมไม่แตกต่างกัน แต่พบข้อมูลว่า การเสริมสารคาเฟอีนสามารถลดความเหนื่อยล้าในกิโลเมตรที่ 10 และ 15 ได้ แต่ไม่สามารถลดความเหนื่อยล้าในกิโลเมตรที่ 21 ได้

Desbrow et al. (2012) ศึกษาผลของคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทนในการปั่นจักรยาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักปั่นจักรยาน มีสุขภาพดี เพศชาย จำนวน 16 คน รับประทานคาเฟอีน ปริมาณ 3 และ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ทำการทดสอบการปั่นจักรยานไฟฟ้าวัดความเร็วรอบ (Electronically-braked cycle ergometer) โดยการเพิ่มระดับหนักให้ความเหนื่อยล้าจนถึงระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ก่อนการทดสอบและระหว่างการทดสอบมีการเก็บตัวอย่างเลือดด้วยวิธีเจาะเส้นเลือดดำบริเวณปลายแขน (Forearm venipuncture) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร จำนวน 4 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ก่อนเริ่มการทดสอบ ครั้งที่ 2 หลังจากรับประทานคาเฟอีน ครั้งที่ 3 ขณะทำการทดสอบ และครั้งที่ 4 หลังการทดสอบ โดยตัวอย่างเลือดทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในหลอดเก็บตัวอย่างเลือด ลิเทียมเฮปาริน (Lithium heparin vacutainer) ก่อนนำไปหมუნเหวี่ยงเป็นเวลา 10 นาที ด้วยความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที ใช้อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้พลาสมา จากนั้นวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการแยกสารโดยหลักการทางโครมาโทกราฟี (High performance liquid chromatography; HPLC) ผลการศึกษาพบว่า คาเฟอีนปริมาณ 3 และ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) มีส่วนช่วยให้นักกีฬาสามารถปั่นจักรยานได้ดีขึ้นในช่วงระยะเวลาประมาณไม่เกิน 1 ชั่วโมง

Eschbach (2001) ศึกษาผลของการรับประทานคาเฟอีนก่อนการเล่นกีฬาและระหว่างการเล่นกีฬา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬابัณฑิตและนักไตรกีฬา จำนวน 11 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการรับประทานคาเฟอีน โดยให้นักกีฬารับประทานในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 180 นาที ก่อนการทดสอบการปั่นจักรยานและรับประทานครั้งที่สองในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ในระหว่างการทดสอบในเวลาที่ 60 โดยใช้การทดสอบเป็นการปั่นจักรยานด้วยระดับความหนัก 55 % ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นระยะเวลา 240 นาที หรือ 4 ชั่วโมง มีการเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณ 5 มิลลิลิตร ทั้งหมด 10 ครั้ง โดยการเจาะเลือดและคาเข็มไว้ที่ปลายแขน เพื่อนำเลือดไปวิเคราะห์ระดับกรดไขมันในเลือด ระดับกลูโคสในเลือด และ

ระดับกรดแลคติกในเลือด พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างปัสสาวะในขณะปั่นจักรยานในเวลาช่วง 1.30 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมงขณะปั่นจักรยาน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการขับน้ำออกจากร่างกาย การผลการวิจัยพบว่า ขณะพักก่อนออกกำลังกายพบการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระในเลือด และมีค่าความเข้มข้นสูงสุด หลังจากรับประทานเข้าสู่ร่างกาย 60 นาที และค่อยๆ ลดระดับความเข้มข้นลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนระดับกลูโคสในเลือด พบการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ในขณะทดสอบด้วยปั่นจักรยานไม่พบความแตกต่าง เนื่องจากขณะออกกำลังกายได้มีการให้นักกีฬาดื่มน้ำที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต จึงอาจเป็นไปได้ว่าร่างกายมีสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายในน้ำที่ใช้ดื่มขณะทดสอบเป็นพลังงานสำหรับใช้ในการออกกำลังกาย และไม่พบความแตกต่างของปริมาณการสูญเสียน้ำ

Ganio et al. (2011) ศึกษาผลของการรับประทานคาเฟอีนก่อนและระหว่างการเล่นกีฬา ต่อความสามารถในการออกกำลังกายในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็น นักปั่นจักรยาน เพศชาย จำนวน 11 คน โดยให้รับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน และความหนักที่ใช้ในการทดสอบเป็นการสลับระดับความหนักที่ 60 % และ 70% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายทุก 15 นาที ใช้เวลาในการทดสอบออกกำลังกายทั้งหมด 90 นาที มีการรับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ระหว่างการทดสอบนาที่ที่ 45 สรุปการวิจัยพบว่า คาเฟอีนช่วยเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายได้ และพบว่าอุณหภูมิที่สูงจะเพิ่มความเจ็บปวดมากกว่าอุณหภูมิที่เย็น

Leelarungrayub, Sallepan and Charoenwattana (2011) ศึกษาวิจัยผลของการรับประทานกาแฟที่มีคาเฟอีน (Caffeine Coffee) ต่อระบบการเผาผลาญพลังงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี เพศชาย จำนวน 26 คน แบ่งเป็นสามกลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มควบคุม 2) กลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมคาเฟอีน และ 3) กลุ่มที่ได้รับการเสริมคาเฟอีน โดยกลุ่มที่ได้รับการเสริมคาเฟอีน จะได้รับในปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ดำเนินการทดสอบด้วยการปั่นจักรยานวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย โดยให้รับประทานเครื่องดื่มที่เตรียมไว้ก่อนการทดสอบ 90 นาที พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างเลือดก่อนการทดสอบ 1 ครั้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์การออกซิเดชันคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ด้วยเทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของตัวอย่างทางชีวภาพ (Spectrophotometer) ผลการวิจัยพบว่า ทั้งสามกลุ่มพบความแตกต่างของระดับกลูโคสในเลือด และระดับไขมันในเลือด ในกลุ่มที่รับประทานคาเฟอีน แต่ไม่พบความแตกต่างของสารต้านอนุมูลอิสระในเลือด (Blood antioxidants) สรุปได้ว่า คาเฟอีนปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) สามารถเพิ่มการเผาผลาญพลังงานที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรตและไขมันได้

Nieuwenhoven, Brouns and Kovacs (2005) ศึกษาผลของการวิ่ง 18 กิโลเมตร เมื่อรับประทานคาเฟอีนต่ออาการทางกระเพาะลำไส้ (Gastrointestinal symptoms) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่ง จำนวน 98 คน ประกอบด้วย เพศชาย จำนวน 90 คน และเพศหญิงจำนวน 8 คน โดยกลุ่มตัวอย่างต้องมีการฝึกซ้อมวิ่ง 3 ถึง 15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ แบ่งการทดลองมี 3 กลุ่ม 1) กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีเกลือแร่ผสมคาร์โบไฮเดรตไม่อัดลม 2) กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีสีและกลิ่นคล้ายคาเฟอีน และ 3) กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนเป็นส่วนผสม โดยให้แต่ละกลุ่มดื่มเครื่องดื่มทั้งหมด 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ก่อนวิ่ง 10 นาที ครั้งที่ 2 กิโลเมตรที่ 4.5 และครั้งที่ 3 กิโลเมตรที่ 13.5 ซึ่งใช้เวลาในการหยุดเพื่อดื่มเครื่องดื่มจุดละ 10 วินาที ผลการวิจัยพบว่า ทุกกลุ่มให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่พบข้อมูลว่าการดื่มเครื่องดื่มเกลือแร่ที่มีคาร์โบไฮเดรตไม่อัดลมมีอาการแสดงในทางเดินอาหาร เช่น ท้องอืด เป็นต้น และพบว่า ผู้ที่เข้าเส้นชัยเป็นลำดับที่ 1 ถึง 10 คือ ผู้ที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน

Olcina et al. (2012) ได้ศึกษาผลของการรับประทานคาเฟอีนปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ต่อการออกกำลังกายสูงสุดและตรวจวัดระดับกรดไขมันในพลาสมา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ไม่ออกกำลังกาย และไม่ดื่มคาเฟอีนเป็นประจำ เพศชาย โดยให้รับประทานคาเฟอีนปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ก่อนเริ่มการทดสอบ 60 นาที ดำเนินการทดสอบด้วยการปั่นจักรยาน มีการเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำบริเวณปลายแขน จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ก่อนรับประทานคาเฟอีน และครั้งที่ 2 เมื่อเสร็จสิ้นการปั่นจักรยาน จากนั้นนำตัวอย่างเลือดไปหมุนเหวี่ยงเป็นเวลา 10 นาที ด้วยความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เพื่อให้ได้พลาสมา และวิเคราะห์ค่าการออกซิเดชันไขมัน ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ของระดับคาเฟอีนต่อการออกซิเดชันไขมัน โดยทำให้ไขมันสูงขึ้นขณะออกกำลังกายในกลุ่มที่รับประทานคาเฟอีน แสดงให้เห็นว่า การรับประทานคาเฟอีนปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนออกกำลังกายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกายในผู้ที่ไม่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ และเพิ่มการใช้ไขมันในการสังเคราะห์เป็นพลังงานได้

Powers, Byrd, Tulley, and Callender (1983) ศึกษาผลของการรับประทานคาเฟอีนต่อประสิทธิภาพการเผาผลาญพลังงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักปั่นจักรยานเพื่อการนันทนาการ เพศชาย จำนวน 7 คน โดยให้ผู้ร่วมวิจัยรับประทานคาเฟอีน 60 นาทีก่อนการทดสอบปั่นจักรยาน ก่อนเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง มีการเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณ 6 มิลลิลิตร รวมการเก็บตัวอย่างเลือดตลอดการทดสอบทั้งหมด 8 ครั้ง เพื่อนำเลือดไปวิเคราะห์ตัวแปร คือ ระดับกลีเซอรอล ระดับกรดไขมันอิสระ และระดับกรดแลคติกในเลือด จากการศึกษาพบว่า การเสริมคาเฟอีนมีผลทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของระดับระดับกลีเซอรอล ระดับกรดไขมันอิสระ และระดับกรดแลคติก แต่ไม่มีความแตกต่างกันของเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

Whalley, Dearing and Paton (2020) ศึกษาผลของการรับประทานคาเฟอีนต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการวิ่ง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งที่มีสุขภาพดี จำนวน 14 คน ดำเนินการทดลองด้วยการวิ่ง 5 กิโลเมตร โดยแบ่งตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม เพื่อให้รับประทานอาหารเสริมคาเฟอีน ได้แก่ 1) กลุ่มที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 60 กิโลกรัม จะได้รับคาเฟอีน ปริมาณ 200 มิลลิกรัม และ 2) กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวมากกว่า 65 กิโลกรัม จะได้รับคาเฟอีน ปริมาณ 300 มิลลิกรัม ผลการศึกษาพบว่า การใช้คาเฟอีน ปริมาณ 3.0 ถึง 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) อาจมีผลต่อสมรรถภาพทางการกีฬา

จากการทบทวนวรรณกรรมเห็นได้ว่า ยังพบงานวิจัยที่ไม่สามารถสรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางการกีฬาอย่างชัดเจน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากเครื่องดื่มคาเฟอีนมีส่วนผสมของสารละลายชนิดอื่น หรือมีการเสริมคาเฟอีนเพียงหนึ่งครั้งโดยไม่มีการเสริมระหว่างการเล่นกีฬา อย่างไรก็ตามหลายงานวิจัยพบแนวโน้มของการเพิ่มประสิทธิภาพของสมรรถภาพทางการกีฬา และมีหลายงานวิจัยชี้ชัดแล้วว่าการเสริมคาเฟอีนมีส่วนช่วยเสริมสร้างสมรรถนะทางการกีฬาได้ ทั้งในด้านสมรรถภาพ ความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร และเพื่อให้ได้ประเด็นสำคัญว่าคาเฟอีนสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางการกีฬาได้หรือไม่ จึงควรมีการค้นคว้า และวิจัยเพิ่มเติม

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เป็นการวิ่งที่มีระยะทาง 21.1 กิโลเมตร นักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนไทยเพศชาย ใช้เวลาในการวิ่งเฉลี่ย 2 ถึง 3 ชั่วโมง (Bangsaen 21 the finest running event ever 2020, 2020) ในทางสรีรวิทยาการวิ่งระยะไกลเป็นการที่ระบบกล้ามเนื้อมีการใช้งานซ้ำๆ พร้อมกับเพิ่มระดับความหนักของการวิ่งขึ้นทีละน้อยอย่างต่อเนื่อง แม้ไม่ใช้การเพิ่มความหนักขึ้นแบบทันทีทันใด แต่ถ้ามีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้กรดแลคติกในเลือดมีการเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน (Sjödín & Jacobs, 1981) มีผลให้สมรรถภาพความอดทนของนักกีฬาลดลง จากปัญหาดังกล่าวเพื่อเป็นแนวทางในการรักษาประสิทธิภาพของสมรรถภาพความอดทนในการวิ่ง การวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการได้รับคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทนของนักกีฬาฮาล์ฟมาราธอนชาย ซึ่งตามรายงานวิจัยพบว่า ปริมาณคาเฟอีน 3 ถึง 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการวิ่งแบบทนทานได้ (Cox et al., 2002; Goldstein et al., 2010) เพราะสารคาเฟอีน เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะสามารถตรวจพบความเข้มข้นของอนุพันธ์คาเฟอีนในเลือด และมีผลต่อสรีระร่างกายได้ตั้งแต่นาทีที่ 15 โดยระดับความเข้มข้นของสารดังกล่าวจะสูงขึ้นที่สุดในเวลาประมาณนาทีที่ 60 (Goldstein et al., 2010) หลังจากที่ได้รับประทาน และระดับความเข้มข้นจะค่อยๆ ลดลงและหมดไปภายใน 1.5 ถึง 9.5 ชั่วโมง (Institute of Medicine, 2001) โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 3.7 ชั่วโมง (วีระ สุขุมธรรมรัตน์ ไชยพร ยุกเซน และรพีพร โรจน์แสงเรือง, 2555) ดังนั้น เพื่อให้ให้นักกีฬาสามารถรักษาประสิทธิภาพของการวิ่ง ควรมีการเสริมคาเฟอีนทั้งก่อนและระหว่างการวิ่ง โดยก่อนการวิ่งนักกีฬาควรได้รับคาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) และระหว่างการวิ่งควรได้รับในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) (Eschbach, 2001) โดยมีช่วงเวลาของการรับประทานคาเฟอีน คือ 60 นาที ก่อนการวิ่ง (เป็นการเสริมครั้งที่ 1) และระหว่างการวิ่งในนาทีที่ 45 หลังจากเริ่มวิ่ง (เป็นการเสริมครั้งที่ 2) (Ganio et al, 2011; Conway et al., 2003)

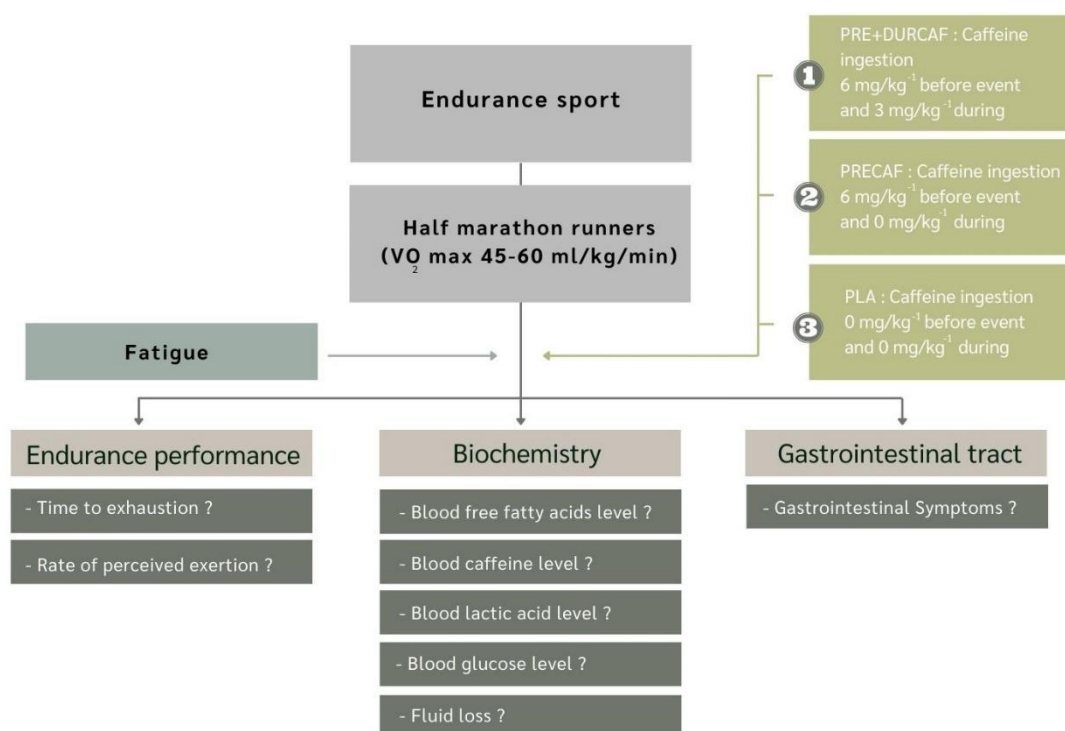
โดยศึกษาวิจัยนี้ เป็นการเปรียบเทียบการได้รับคาเฟอีน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่างการวิ่ง) กับการได้รับคาเฟอีน 1 ครั้ง (ก่อนการวิ่ง) ใช้รูปแบบการทดสอบเป็นการวิ่งแบบทนทานบนลู่วิ่งไฟฟ้า โดยกำหนดความเร็วคงที่ ณ จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ซึ่งเป็นระดับของความเข้มข้นในการออกกำลังกายในกลุ่มกีฬาประเภททนทานสามารถวิ่งได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ถึง 3 ชั่วโมง (Seiler, 2010) ในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส โดยให้ผู้ร่วมวิจัยวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง ดำเนินการทดลองแบบแบบไขว้ (Cross-over trials) อำพรางฝ่ายเดียว (Single-blinded experiment) โดยมีการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ด้วยการสุ่มเลือกการทดสอบอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีจับสลาก เพื่อทำการทดลองทั้งหมด 3 เปรียบเทียบ ดังนี้

กลุ่มที่หนึ่ง ได้รับคาเฟอีนครั้งแรกในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนเริ่มวิ่ง และได้รับครั้งที่สองในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ในนาทีที่ 45 ขณะวิ่ง

กลุ่มที่สอง ได้รับคาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนเริ่มวิ่ง และได้รับเครื่องดื่มหลอกในนาทีที่ 45 ขณะวิ่ง

กลุ่มที่สาม ได้รับเครื่องดื่มหลอก 60 นาที ก่อนเริ่มวิ่ง และครั้งสองในนาทีที่ 45 ขณะวิ่ง

ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดการวิจัยของกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ดำเนินการทดลองแบบไขว้ (Cross-over trials) อำพรางฝ่ายเดียว (Single-blinded experiment) และเนื่องจากประเทศไทยยังควบคุมการถือครองสารคาเฟอีนบริสุทธิ์ (Pure caffeine) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้กาแฟสายพันธุ์ที่มีคาเฟอีนสูงแทนสารคาเฟอีนบริสุทธิ์ โดยศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นผู้ให้ความอนุเคราะห์กาแฟสายพันธุ์ชุมพร 2 มีความเข้มข้นของสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟที่ 2.44% ในการใช้เป็นส่วนผสมเครื่องดื่มคาเฟอีนในการวิจัย ดังนั้น จึงถือได้ว่าเป็นการศึกษาผลของการได้รับคาเฟอีนที่มีในกาแฟ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับคาเฟอีนในเลือด (Blood caffeine level) ต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับด้านสมรรถภาพความอดทน ด้านค่าชีวเคมีในเลือด และด้านอาการของระบบทางเดินอาหารในนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เพศชาย อายุ 30 ถึง 39 ปี อย่งไรก็ตาม การวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเลือดนั้น มีวิธีการและขั้นตอนที่ซับซ้อน การดำเนินการวิจัยจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งในการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ อาทิ นักวิทยาศาสตร์การกีฬา นักเทคนิคการแพทย์ รวมถึงนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร วางแผนและมีส่วนร่วมในการเก็บข้อมูล อีกทั้งการวิเคราะห์ผลบางตัวแปร เช่น ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด และระดับน้ำตาลในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด ต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัยและเป็นมาตรฐาน จึงมีหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการสำหรับการวิจัยนี้จำนวนทั้งสิ้น 3 หน่วยงาน ได้แก่

- 1) ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
- 2) หน่วยปฏิบัติการบริการทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะสหเวชศาสตร์
- 3) ศูนย์วิทยาศาสตร์ฮาลาล

โดยทั้ง 3 หน่วยงาน เป็นองค์กรภายใต้สังกัดของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (Population) คือ นักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอน ระยะทาง 21.1 กิโลเมตร (km) เพศชาย อายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือ นักวิ่งมาราธอน เพศชาย อายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี ที่เคยเข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งมาราธอนระยะทาง 21.1 กิโลเมตร อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง มีการฝึกซ้อมวิ่ง 3 ถึง 15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (Dean, Braakhuis, & Dean, Braakhuis, & Paton , 2009) และมีอัตราการ

ใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption; $VO_2\text{Max}$) ระหว่าง 45 ถึง 60 มิลลิลิตรต่อ กิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อนาที ($\text{ml}/\text{k}^{-1}/\text{min}^{-1}$) การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมจีพาวเวอร์ เวอร์ชัน 3.1.9.7 (G*Power, Version 3.1.9.7) โดยอ้างอิงจากบทความวิจัยก่อนหน้า (Brandenburg & Giles, 2021) โดยใช้ข้อมูลตัวแปรกรดแลคติก (Lactic acid) มาคำนวณด้วยสถิติ ANOVA: Repeated measures, within factors ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 กำหนด Power ของการทดสอบที่ 80% ($1-\beta = 0.8$) และกำหนดค่า Effect size ที่ได้จากงานวิจัยของ Brandenburg and Giles ที่มีการกำหนด Effect size = 0.76 และเมื่อคำนวณแล้วจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 5 คน และเพื่อป้องกันการสูญหาย (Dropout) จึงได้พิจารณาเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 60 ดังนั้น จึงได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 8 คน (ภาคผนวก ก)

ดำเนินการทดลองแบบไขว้ (Cross-over trials) ผู้ร่วมวิจัยต้องมาทำการทดสอบให้ครบทั้ง สามครั้ง (Desbrow et al., 2011) แต่แต่ละครั้งเป็นการทดลองที่แตกต่างกัน โดยการสุ่มเลือกการ ทดสอบอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีจับสลาก รายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) ต้มกาแฟที่มีส่วนผสมคาเฟอีนปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และต้มอีกครั้งในปริมาณ 3 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ในนาทีที่ 45 ระหว่างทดสอบ (Ganio et al., 2011)

กลุ่มที่ 2 (PRECAF) ต้มกาแฟที่มีส่วนผสมคาเฟอีนปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และต้มเครื่องต้มหมอกที่มีกลิ่นและรสชาติกาแฟในนาทีที่ 45 ระหว่างการทดสอบ

กลุ่มที่ 3 (กลุ่มควบคุม หรือ PLA) เครื่องต้มหมอกที่มีกลิ่นและรสชาติกาแฟ 60 นาที ก่อน เริ่มการทดสอบ และต้มอีกครั้งในนาทีที่ 45 ระหว่างการทดสอบ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การทดลองแบบอำพรางฝ่ายเดียว (Single-blinded experiment) คือ มีการ ป้องกันผู้ร่วมวิจัยมิให้ทราบว่าตนเองจะได้ทดลองรูปแบบใด (Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983)

เกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัย

- 1) นักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เพศชาย อายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี
- 2) เป็นผู้ที่ดื่มกาแฟเป็นประจำ คือ ผู้ที่มีการดื่มเครื่องต้มกาแฟ 3 ถึง 7 แก้วต่อสัปดาห์ โดยมีปริมาณการดื่มไม่เกินวันละ 1 แก้ว
- 3) สามารถดื่มกาแฟผสมน้ำเปล่าที่ไม่มีส่วนผสมสารอื่นๆ เพื่อกลบรสชาติที่ขมของกาแฟได้
- 4) สุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด

โรคระบบประสาท โรคความดันโลหิตสูง โรคเมะเร็ง เป็นต้น และผ่านการประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire; PAR-Q+2019)

- 5) ไม่มีอาการบาดเจ็บหรืออาการป่วยที่เกี่ยวข้องกับระบบการเผาผลาญพลังงานของร่างกายในระยะเวลา 6 เดือนก่อนเข้ารับการทดสอบ
- 6) มีประสบการณ์เข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอน ระยะทาง 21.1 กิโลเมตร
- 7) ฝึกซ้อมวิ่ง 3 ถึง 15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (Dean, Braakhuis, & Paton, 2009)
- 8) มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (Maximal oxygen consumption; VO_2Max) ระหว่าง 45 ถึง 60 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อนาที ($ml/kg^{-1}/min^{-1}$)
- 9) ไม่รับประทานอาหารเสริมที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะทางการกีฬา ในช่วงเวลา 2 สัปดาห์ก่อนเข้ารับการทดสอบ (Olcina et al., 2012)
- 10) สามารถงดการรับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน 24 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบ (Cohen et al., 1996)
- 11) ไม่มีประวัติสูบบุหรี่ (Leelarungrayub, Sallepan and Charoenwattana, 2011)
- 12) สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย
- 13) ได้รับการฉีดวัคซีนโควิด-19 (Covid-19) ตามมาตรการของรัฐบาล และมีจำนวนครั้งของการได้รับวัคซีนตามมาตรการเพื่อการอนุญาตให้เข้าพื้นที่สำหรับการวิจัย ตามประกาศจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการวิจัย

- 1) มีภาวะดื้อคาเฟอีน เช่น ตื่นกาแฟมากกว่าวันละ 1 แก้ว เป็นประจำ
- 2) มีอาการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการวิ่ง
- 3) เกิดเหตุสุดวิสัยที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ร่วมการวิจัย
- 4) ไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบครบจำนวน 3 ครั้ง

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมการก่อนดำเนินการทดลอง

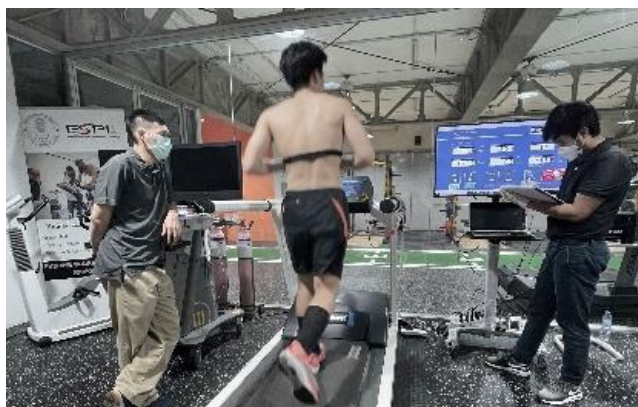
- 1) ทบทวนวรรณกรรม และศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร บทความ ตำรา และแหล่งข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิ่ง อาทิ กระบวนการเมแทบอลิซึม สมรรถภาพความอดทน อาหารสำหรับนักกีฬาประเภททนทาน อาหารเสริม และผลของการรับประทานคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทนในนักกีฬา
- 2) สร้างแผนการดำเนินงานการเก็บข้อมูลวิจัยให้สอดคล้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาด

ของไวรัสโคโรนา 2019 (Covid-19) ได้แก่ การประเมินความเสี่ยงให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย และการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันโรค COVID-19 ตามที่ทางราชการและมหาวิทยาลัยกำหนดอย่างเคร่งครัด รวมถึงใช้ความระมัดระวังอย่างที่สุดที่จะมิให้เกิดการติดเชื้อโรคจากการมาเข้าร่วมการทดลอง และหากมีกรณีติดเชื้อโรคขึ้น ผู้วิจัยจะรีบแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องทราบ รวมทั้งดำเนินการอื่นใดเพื่อป้องกันหรือยับยั้งการแพร่ระบาดของเชื้อโรคดังกล่าวโดยเร็ว

3) พิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Index of Item-objective congruence; IOC) ของรูปแบบการทดสอบสมรรถภาพความอดทนในกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการอาหาร 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวิ่งฮาล์ฟมาราธอน 1 ท่าน โดยมีค่า IOC รวม เท่ากับ 0.76

4) ทำการศึกษานำร่องก่อนการวิจัย (Pilot study) ในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะดำเนินการวิจัย เพื่อเป็นการทดลองรูปแบบ และสถานการณ์การเก็บข้อมูล รวมถึงทดสอบวิธีการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษานำร่องกับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะคัดเลือกเข้าวิจัย จำนวน 2 คน เพื่อทดสอบการหาความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ว่าเป็นความเร็วที่เหมาะสมในการทดลองการวิ่งแบบทนทานตามที่ศึกษามาหรือไม่ ผลการศึกษานำร่องพบว่า เมื่อวิเคราะห์อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_2max) โดยวิเคราะห์จากสรีระของอาสาสมัครที่เข้าร่วมศึกษานำร่อง โดยใช้โปรแกรมอัตโนมัติของเครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas analyzer) เมื่อสิ้นสุดการวิเคราะห์แก๊สจะได้ข้อมูลความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ของอาสาสมัครด้วย จากนั้นนำความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ไปทดลองให้อาสาสมัครวิ่งจริง พบว่า นักกีฬาสามารถวิ่งแบบต่อเนื่องได้มากกว่า 120 นาที (2 ชั่วโมง) แล้วค่อยๆ เหนื่อยหมดแรง ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ศึกษานำร่องกับกลุ่มตัวอย่าง

5) เพื่อให้สามารถดำเนินการวิจัยได้ ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการทดลอง ได้แก่ 1) รูปแบบการรับประทานคาเฟอีน 2) รูปแบบการทดสอบสมรรถภาพความอดทน และ 3) รูปแบบการวัดค่าตัวแปรเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่ออนุมัติขอดำเนินการวิจัย และได้รับการรับรองโครงการวิจัยในวันที่ 15 มีนาคม 2565 เลขที่โครงการวิจัย 650001 (ภาคผนวก ค)

6) ดำเนินการทำหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างในการเข้าร่วมวิจัย และขอความอนุเคราะห์การใช้อุปกรณ์เครื่องมือวิจัย และสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

7) เปิดรับสมัครอาสาสมัครในการเข้าร่วมการวิจัยผ่านรูปแบบออนไลน์

8) นัดหมายอาสาสมัครที่สนใจเข้าร่วมการวิจัยมาดำเนินการคัดเลือกตามเกณฑ์การคัดเลือก เพื่อให้ได้ผู้ร่วมวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 8 คน

ขั้นตอนที่ 2 วิธีการได้มาและการเข้าถึงกลุ่มอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการประชาสัมพันธ์สื่อสารสนเทศ เพื่อเปิดรับสมัครผู้ที่สนใจเข้าร่วมการวิจัยผ่านเฟซบุ๊ก (Facebook) ในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการแข่งขันวิ่งมาราธอน เช่น ThaiRun ฮับความสุขนักวิ่ง และ 42.195 K Club...เราจะไปมาราธอนด้วยกัน เพื่อค้นหานักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย ที่มีความสนใจอยากเข้าร่วมการศึกษาวิจัย จากนั้นจึงทำการคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมการทดลองโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) เชิญอาสาสมัครเข้าร่วมปฐมนิเทศ ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรมซูม (Zoom meeting) โดยใช้เวลาในการปฐมนิเทศ 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อให้ผู้วิจัยอธิบายเกณฑ์การคัดเลือก รวมถึงชี้แจงข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย เช่น รูปแบบของการทำการทดลอง สถานที่สำหรับการดำเนินงานวิจัย และรายละเอียดอื่นๆ จากนั้นเพื่อคัดเลือกให้ได้ผู้ร่วมวิจัยตามเกณฑ์ของกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตามการคำนวณไว้ 5 คน อีกทั้งเพื่อป้องกันการสูญหายจึงได้พิจารณาเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอีก 3 คน รวมทั้งสิ้น 8 คน จากนั้นผู้วิจัยทำการนัดหมายอาสาสมัครมาทดสอบหาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส โดยการทดสอบใช้วิธีการตั้งค่าการทดสอบแบบอัตโนมัติตามแนวทางการของแรมป์ (Ramp treadmill protocol) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชื่อ MetaSoft Studio Properties ณ ห้องปฏิบัติการ 2102 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การทดสอบครั้งนี้ ดำเนินการทดสอบโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย คือ นิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะร้องขอให้อาสาสมัครเตรียมตัวก่อนมาทำการทดสอบ 3 วัน โดยรายละเอียดดังนี้

- บันทึกการรับประทานอาหารผ่านลิงค์ กูเกิล ฟอรัม (Google form) (ภาคผนวก ฉ) โดยให้อาสาสมัครรับประทานอาหารเช้าและเครื่องดื่มที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น หากรับประทานอาหารเช้าต่อวัน ประกอบด้วยเมนูเนื้อสัตว์ย่าง ข้าวเปล่า แกงจืดผักรวมหมูสับ และไข่ตุ๋น ก็ให้รับประทานอาหารเช้าตามเมนูดังกล่าวหรือใกล้เคียงมากที่สุดตลอด 3 วัน ส่วนเครื่องดื่ม หากดื่มน้ำเปล่าประมาณวันละ 1 ลิตร และน้ำหวาน 1 แก้ว ก็ให้ดื่มน้ำดื่มและเครื่องดื่มดังกล่าวหรือให้มีความใกล้เคียงมากที่สุดตลอดทั้ง 3 วัน
- บันทึกกิจกรรมทางกายผ่านลิงค์ กูเกิล ฟอรัม (Google form) (ภาคผนวก ฉ) โดยให้อาสาสมัครมีกิจวัตรประจำวันใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น ในแต่ละวันมีการทำงานประจำโดยการนั่งโต๊ะควบคู่กับการใช้งานคอมพิวเตอร์ เวลาว่างดูโทรทัศน์ และเข้านอนในเวลา 22.00 น. ก็ให้มีกิจวัตรประจำวันให้เหมือนหรือใกล้เคียงตามที่กล่าวมามากที่สุด และงดออกกำลังกายหนัก หมายถึง การออกกำลังกายที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เช่น การวิ่งเป็นเวลานานกว่าปกติที่วิ่งเป็นประจำ การออกกำลังกายแบบแรงต้านที่มีการใช้น้ำหนักมากกว่าปกติ เพราะการออกกำลังกายที่หนักกว่าปกติ มีผลทำให้ร่างกายเกิดการล้าและอ่อนเพลีย อาจกระทบกับผลการวิจัยได้

เพื่อป้องกันการลืมนบันทึกข้อมูล ผู้วิจัยส่งลิงค์ กูเกิล ฟอรัม (Google form) ดังกล่าวเป็นวันต่อวัน และตรวจสอบการบันทึกของทุกวันให้เรียบร้อย หากอาสาสมัครลืมนบันทึกข้อมูล ผู้วิจัยติดต่อกับอาสาสมัครผ่านช่องทางโทรศัพท์เพื่อให้ผู้ร่วมวิจัยบันทึกข้อมูล ทั้งนี้ การกรอกแบบบันทึกการรับประทานอาหารเช้าและบันทึกกิจกรรมทางกาย รวมเวลาทั้งสองแบบบันทึก ใช้เวลาประมาณ 3 ถึง 5 นาที สำหรับการส่งลิงค์ กูเกิล ฟอรัม (Google form) ให้อาสาสมัคร ผู้วิจัยจัดส่งตามช่องทางที่อาสาสมัครสะดวก เช่น แอปพลิเคชันไลน์ (LINE) และอีเมลล์ (E-mail)

การทดลองนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับคาเฟอีนในเลือดต่อตัวแปรด้านสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร อาสาสมัครจำเป็นต้องงดคาเฟอีนอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบ ดังนั้น ก่อนการทดสอบ 24 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ร้องขอเพิ่มเติมให้ผู้อาสาสมัครงดเครื่องดื่มและอาหารที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนทุกรูปแบบ

2) เมื่ออาสาสมัครมาตามนัดหมาย ต้องเข้ารับการตรวจคัดกรองความเสี่ยงต่อการป่วยเป็นโรค COVID-19 ด้วยแบบประเมินออนไลน์ระบบคัดกรอง Covid-19 ของกรุงเทพมหานคร (BBK Covid-19) (ภาคผนวก จ) และทำการวัดอุณหภูมิร่างกายก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ จากนั้นผู้วิจัยให้อาสาสมัครลงนามยินยอมในแบบแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และเมื่อลงนามเสร็จ ผู้วิจัย

สอบถามข้อมูลของอาสาสมัครดังรายละเอียดของแบบคัดกรอง เพื่อให้ทราบช่วงอายุ ประวัติสุขภาพ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและความพร้อมสำหรับการเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย จากนั้นให้วัดองค์ประกอบร่างกาย ได้แก่ น้ำหนัก (Weigh) ส่วนสูง (Height) และดัชนีมวลกาย (Body Mass Index; BMI) ด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer) จากนั้นทำการทดสอบค่าอัตราการการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ($VO_2\max$) เพื่อหาผู้ที่มีระดับของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ 45 ถึง 60 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อนาที ($ml/kg^{-1}/min^{-1}$) และหาอัตราความเร็วขณะวิ่ง ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สและลูกลไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบการทดสอบตามวิธีของแรมพ์ (Ramp treadmill protocol) (Sperlich et al., 2015)

3) ก่อนทำการทดสอบ ให้อาสาสมัครทำแบบประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย (Physical activity readiness questionnaire; PAR-Q+2019) (ภาคผนวก ข) เพื่อความปลอดภัยและลดความเสี่ยงหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อระบบร่างกายของอาสาสมัคร ผู้วิจัยพิจารณาอาสาสมัครที่ตอบ “ไม่ใช่” ทุกข้อเท่านั้น ถึงอนุญาตให้ทำการทดสอบได้

4) อาสาสมัครที่ผู้วิจัยอนุญาตให้ทำการทดสอบได้ สวมเครื่องวิเคราะห์ลมหายใจแบบอัตโนมัติและสายรัดทรงอกที่ติดตั้งเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) จากนั้นทำการทดสอบโดยใช้วิธีการตั้งค่าการทดสอบแบบอัตโนมัติตามแนวทางการของแรมพ์ (Ramp treadmill protocol) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชื่อ MetaSoft Studio Properties โดยมีการตั้งค่าโปรแกรมดังนี้

- หาค่ามาตรฐานของร่างกาย โดยให้ยืนนิ่งเป็นระยะเวลา 2 นาที
- อบอุ่นร่างกายด้วยความเร็ว 4.50 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระยะเวลา 2 นาที
- เริ่มการทดสอบด้วยความเร็ว 4.59 กิโลเมตร/ชั่วโมง
- เพิ่มความเร็วทุก 1 นาที นาทีละ 0.65 กิโลเมตร/ชั่วโมง
- เพิ่มความชันทุก 1 นาที นาทีละ 0.4%
- เมื่อผู้ร่วมวิจัยเหนื่อยหมดแรง คลายอบอุ่นร่างกายด้วยความเร็ว 4.50 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระยะเวลา 4 นาที

อนึ่ง การหยุดทำการทดสอบสามารถประเมินได้จากค่าทางสรีรวิทยา หรืออาการแสดงดังต่อไปนี้

- มีอัตราการเต้นของหัวใจ 100% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate) โดยการคำนวณจากสูตร $220 - \text{อายุ}$ หรือ
- ค่าสัดส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซ (RER) มากกว่า 1.15 หรือ
- ค่าระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยมากกว่า 17 โดยใช้ Borg scale (6-20) หรือ

- เหนื่อยล้า หดแรง จนไม่สามารถทำการทดสอบต่อได้ หรือ
- มีอาการรู้สึกไม่สบายในทรวงอก เช่น แน่น อึดอั้น เจ็บ หรือ
- มีอาการเวียนศีรษะ สับสน คลื่นไส้ อาเจียน อุดหนุมิผิวหนังเย็น หรือ
- จังหวะการเต้นของหัวใจผิดปกติ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจไม่เพิ่มขึ้นในขณะที่ผู้วิจัยเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายหรือ
- การแสดงออกของลักษณะท่าทางผิดปกติ หรือการพูดจา สื่อสาร บ่งชี้ถึงอาการอ่อนแรงอย่างหนัก (Harvard medical school, 2010; AOPA you freedom to fly, 2020; ศาสตราจารย์ สุนทรกิติ, 2554)

5) บันทึกค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย และค่าความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ลงในแบบบันทึกการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (ภาคผนวก ช)

6) ผู้วิจัยนำข้อมูลช่วงอายุ ประวัติสุขภาพ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย และค่าความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ของอาสาสมัครจดบันทึกข้อมูลของอาสาสมัครลงในแบบคัดกรอง (ภาคผนวก ฉ)

7) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่จดบันทึกมาพิจารณาคัดเลือกอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกเพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ และทำการนัดหมายมาทำการทดสอบตามขั้นตอนของการทดลองการวิจัย โดยมีการให้พักอย่างน้อย 7 วัน และผู้ที่ไม่ผ่านคุณสมบัติผู้วิจัยจะคัดออกจากการเป็นอาสาสมัครของการศึกษาวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมเครื่องดื่มในการวิจัย

ผู้ช่วยวิจัยหรือนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร จากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เตรียมเครื่องดื่มคาเฟอีนที่ใช้ในการทดสอบ อนึ่ง ด้วยกฎหมายของประเทศไทยมีการจำกัดการถือครองคาเฟอีนบริสุทธิ์ในบุคคลทั่วไป ผู้วิจัยจึงใช้ผงกาแฟคั่วบดปริมาณคาเฟอีนเพื่อใช้ในการวิจัย

การเตรียมเครื่องดื่มคาเฟอีน

การเตรียมเครื่องดื่มต้องทำละลายผงกาแฟด้วยน้ำเปล่าปริมาณ 150 มิลลิลิตร (ml) ผู้วิจัยพิจารณาใช้กาแฟสายพันธุ์ซุมพร 2 ซึ่งเป็นสายพันธุ์กาแฟโรบัสต้า (Robusta coffee) ที่ได้รับการวิจัยโดยกรมวิชาการเกษตรแล้วว่า มีความเข้มข้นของคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ 2.44% (กรมวิชาการเกษตร, ศูนย์วิจัยพืชสวนซุมพร, 2563) ซึ่งเป็นปริมาณคาเฟอีนในปริมาณสูง เหมาะแก่การนำมาผสมกับน้ำในปริมาณที่จำกัด จะทำให้เครื่องดื่มไม่ขุ่นข้นจนเกินไป โดยนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร คำนวณและผสมเครื่องดื่มคาเฟอีนให้แก่กลุ่มตัวอย่าง รายละเอียดดังนี้

เครื่องต้มคาเฟอีนก่อนการทดสอบ (มีคาเฟอีน 6 mg/kg⁻¹)

ปริมาณคาเฟอีนในเครื่องต้มคำนวณได้จาก ผงกาแฟสายพันธุ์ซุมพร 2 ปริมาณ 1 กรัม (g) หรือ 1,000 มิลลิกรัม (mg) จะมีปริมาณคาเฟอีน 24.4 มิลลิกรัม ดังนั้น หากผู้ร่วมวิจัยมีน้ำหนัก 62 กิโลกรัม (kg) จะต้องได้รับคาเฟอีน 372 มิลลิกรัม ดังนั้น ปริมาณผงกาแฟที่ต้องใช้ คือ

$$\frac{1 \times 372}{24.4} = 15.24 \text{ กรัม}$$

นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารผสมผงกาแฟสายพันธุ์ซุมพร 2 ปริมาณ 15.24 กรัม ในน้ำ 150 มิลลิลิตร (Nieuwenhoven, Bronus and Kovacs, 2005) ที่มีอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการสูญเสียสารประกอบต่างๆ ในกาแฟเนื่องจากความร้อน หลังจากนั้นจึงทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าเพื่อให้ผงกาแฟละลายได้ดีขึ้น และบรรจุในแก้วพลาสติกทึบแสงปิดฝา (ฝาแบบมีรูขนาดเล็กไว้สำหรับใช้หลอดดูดเครื่องต้ม) แขนในตู้เย็นเพื่อให้เครื่องต้มคาเฟอีนมีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เครื่องต้มคาเฟอีนระหว่างการทดสอบ (มีคาเฟอีน 3 mg/kg⁻¹)

ปริมาณคาเฟอีนในเครื่องต้มคำนวณได้จาก ผงกาแฟสายพันธุ์ซุมพร 2 ปริมาณ 1 กรัม หรือ 1,000 มิลลิกรัม จะมีปริมาณคาเฟอีน 24.4 มิลลิกรัม ดังนั้น หากผู้ร่วมวิจัยมีน้ำหนัก 62 กิโลกรัม จะต้องได้รับคาเฟอีน 186 มิลลิกรัม ดังนั้น ปริมาณผงกาแฟที่ต้องใช้ คือ

$$\frac{1 \times 186}{24.4} = 7.62 \text{ กรัม}$$

นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารผสมผงกาแฟสายพันธุ์ซุมพร 2 ปริมาณ 7.62 กรัม ในน้ำ 150 มิลลิลิตร ที่มีอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการสูญเสียสารประกอบต่างๆ ในกาแฟเนื่องจากความร้อน หลังจากนั้นจึงทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าเพื่อให้ผงกาแฟละลายได้ดีขึ้น และบรรจุในแก้วพลาสติกทึบแสงปิดฝา (ฝาแบบมีรูขนาดเล็กไว้สำหรับใช้หลอดดูดเครื่องต้ม) แขนในตู้เย็นเพื่อให้เครื่องต้มคาเฟอีนมีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เครื่องต้มหลอก (เครื่องต้มที่มีกลิ่นและรสชาติกาแฟ)

นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารใช้กลิ่นกาแฟ (Coffee Flavor) ชนิดน้ำ ประมาณ 1 ถึง 3% ของน้ำหนักน้ำ ผสมในน้ำ 150 มิลลิลิตร ที่มีอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส บรรจุในแก้วพลาสติกทึบแสงปิดฝา (ฝาแบบมีรูขนาดเล็กไว้สำหรับใช้หลอดดูดเครื่องต้ม) แขนในตู้เย็นเพื่อให้เครื่องต้มหลอกมีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เครื่องต้มระหว่างการทดสอบ

นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารเตรียมน้ำเปล่าใส่ขวดพลาสติกปริมาณ 200 มิลลิลิตร แช่ในตู้เย็นเพื่อให้เครื่องต้มมีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับให้ผู้ร่วมวิจัยต้มระหว่างการทดสอบ

ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการให้เครื่องต้มผิดคน จึงได้มีการนัดหมายผู้ร่วมวิจัยเพื่อเข้าทำการทดลองรอบละ 1 คน และมีการผสมเครื่องต้มไว้เฉพาะรอบเท่านั้น โดยมีการเตรียมเครื่องต้มไว้ล่วงหน้า 1 ชั่วโมง พร้อมกับติดฉลากรหัสของผู้เข้าร่วมวิจัย และสัญลักษณ์แทนประเภทเครื่องต้มให้ชัดเจน บริเวณข้างบรรจุภัณฑ์เครื่องต้ม และป้องกันมิให้ผู้ร่วมวิจัยรู้ว่าตนเองได้ต้มเครื่องต้มใดตามกระบวนการทดลองแบบอำพรางฝ่ายเดียว (Single-blinded experiment)

ขั้นตอนที่ 4 การดำเนินการทดลอง

การทดลองการวิจัยมีรายละเอียดของการดำเนินงาน ดังนี้

- 1) ข้อมูลการทดลองจะถูกรวบรวมโดยผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย รวมจำนวนทั้งสิ้น 4 คน ดังนี้
 - ผู้วิจัย ทำหน้าที่สู่การทดสอบ ดำเนินการทดลอง และบันทึกข้อมูล
 - ผู้ช่วยวิจัยคนที่ 1 นิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำหน้าที่ติดตามการบันทึกการรับประทานอาหาร และการบันทึกการทำกิจกรรมทางกายของผู้ร่วมวิจัย รวมถึงให้การช่วยเหลือผู้วิจัยในการดำเนินงานวิจัย
 - ผู้ช่วยวิจัยคนที่ 2 นักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร สถาบันคันควัวและพัฒนาผลิตภัณฑ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำหน้าที่ในการเตรียมเครื่องต้มที่ใช้ในการวิจัย
 - ผู้ช่วยวิจัยคนที่ 3 นักเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างเลือดโดยการเจาะเลือดของผู้ร่วมวิจัย และวิเคราะห์ผลเลือดเพื่อให้ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ตัวแปรที่ศึกษาต่อไป
- 2) ผู้วิจัยร้องขอให้อาสาสมัครเตรียมตัวก่อนมาทำการทดสอบ 3 วัน โดยรายละเอียด ดังนี้
 - จุดบันทึกการรับประทานอาหาร เช่น เวลารับประทานอาหาร ชนิดของอาหารเครื่องต้ม โดยให้อาสาสมัครรับประทานอาหารและเครื่องต้มที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด
 - จุดบันทึกกิจกรรมทางกาย เช่น ระยะเวลาของการทำงาน การทำงานบ้าน และการนอนหลับพักผ่อน โดยให้อาสาสมัครปฏิบัติหรือทำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด
- และ 24 ชั่วโมงก่อนถึงเวลานัดหมายอาสาสมัครจะได้รับการร้องขอเพิ่มเติม ในการขอให้งดเครื่องต้มและอาหารที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนทุกรูปแบบ
- 3) ผู้ร่วมวิจัยแต่ละคนต้องมาทำการทดลองให้ครบทั้ง 3 ครั้ง แต่แต่ละครั้งห่างกันอย่างน้อย

7 วัน เพื่อให้ร่างกายได้พักและฟื้นตัวอย่างเต็มที่ และก่อนเข้าห้องปฏิบัติการต้องเข้ารับการตรวจคัดกรองความเสี่ยงต่อการป่วยเป็นโรค COVID-19 ด้วยแบบประเมินออนไลน์ระบบคัดกรอง Covid-19 ของกรุงเทพมหานคร (BBK Covid-19) และทำการวัดอุณหภูมิร่างกาย

4) ผู้วิจัยดำเนินการทดลองแบบไขว้ (Cross-over trials) โดยการนัดหมายผู้ร่วมวิจัยมา รอบละ 1 คน แล้วสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ด้วยวิธีการจับสลากเพื่อให้ได้ว่าแต่ละครั้งผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการทดสอบตามแบบการทดลองใด โดยรูปแบบการทดลองมีทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) กลุ่มที่ 2 (PRECAF) และกลุ่มที่ 3 (กลุ่มควบคุม หรือ PIA) ใช้การทดลองแบบอำพรางฝ่ายเดียว (Single-blinded experiment) คือ มีการป้องกันผู้ร่วมวิจัยมิให้ทราบว่าตนเองจะได้ทดลองรูปแบบใด (Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983) การมาเข้าร่วมการทดลองแต่ละครั้งผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการทดสอบเพียงหนึ่งรูปแบบการทดลองเท่านั้น แล้วพักอย่างน้อย 7 วัน ก่อนมีการนัดหมายให้มาทำการทดลองในครั้งถัดไป และการทดลองจะไม่ซ้ำกับการทดลองที่เคยทำการทดลองแล้วก่อนหน้านี้ รายละเอียดดังภาพที่ 8



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ภาพที่ 8 แผนภาพการทดลองแบบไขว้

กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) ตีเมกาแพที่มีส่วนผสมคาเฟอีนปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และตีเมกาแพอีกครึ่งในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ในนาทีที่ 45 ระหว่างทดสอบ (Ganio et al., 2011)

กลุ่มที่ 2 (PRECAF) ตีเมกาแพที่มีส่วนผสมคาเฟอีนปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และตีเมกาแพที่มิกลิ้นและรสชาติคาเฟ ในนาทีที่ 45 ระหว่างการทดสอบ

กลุ่มที่ 3 (กลุ่มควบคุม หรือ PIA) เครื่องดื่มที่มิกลิ้นและรสชาติคาเฟ 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และตีเมกาแพอีกครึ่งในนาทีที่ 45 ระหว่างการทดสอบ

การเข้าร่วมทดสอบวิจัยแต่ละครั้ง ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องบันทึกการรับประทานอาหาร เช่น

เวลารับประทาน ชนิดของอาหารและเครื่องดื่ม โดยให้อาสาสมัครรับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด และบันทึกกิจกรรมทางกาย เช่น ระยะเวลาของการทำงาน การทำงานบ้าน และการนอนหลับพักผ่อนโดยให้อาสาสมัครปฏิบัติหรือทำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด ล่วงหน้า 3 วัน อีกทั้ง สามารถงดเครื่องดื่มและอาหารที่มีคาเฟอีนทุกรูปแบบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ตามการร้องขอจากผู้วิจัย และเมื่อเข้ารับการทดสอบจะต้องได้รับการสุ่มวิธีการทดลองที่ไม่ซ้ำกัน

โดยรายละเอียดของการทดลองแต่ละกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF)

เริ่มการทดสอบ

ช่วงก่อนวิ่ง

- 1) ผู้วิจัยให้ผู้ร่วมวิจัยขยับถ่ายปัสสาวะให้เรียบร้อย และสวมใส่สายรัดหน้าอกที่ติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) จากนั้นเก็บข้อมูลองค์ประกอบร่างกาย ครั้งที่ 1 ของผู้ร่วมวิจัย ได้แก่ น้ำหนักตัว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ตัวแปรของปริมาณการสูญเสียเหงื่อ (Fluid loss)
- 2) ผู้ช่วยวิจัยที่เป็นนักเทคนิคการแพทย์ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ร่วมวิจัย ครั้งที่ 1 เพื่อนำเลือดไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปร ดังนี้
 - 2.1) ระดับกรดไขมันอิสระ (Blood free fatty acids level) ใช้วิธีเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) บริเวณแขน (Desbrow et al., 2012; ศาสวัต สุนทรภิติ, 2554) โดยใช้เลือดปริมาณ 4 มิลลิลิตร หรือประมาณเกือบ 1 ซ่อนซา คาเข็มไว้ที่แขนและนำเลือดไปวิเคราะห์ด้วยชุดตรวจปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid quantitation kit) และนำไปเทียบความทึบแสง (Spectrophotometry) ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer) เพื่อหาปริมาณกรดไขมันอิสระ
 - 2.2) ระดับคาเฟอีนในเลือด (Blood caffeine level) ใช้วิธีเก็บตัวอย่างเลือดเลือดปริมาณ 4 มิลลิลิตร หรือประมาณเกือบ 1 ซ่อนซา และนำเลือดไปวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในเลือด ด้วยวิธีและเทคนิคการแยกสารออกจากกัน โดยอาศัยหลักการทางโครมาโทกราฟี (High performance liquid chromatography; HPLC)

2.3) ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate level) ใช้วิธีแบ่งเลือดปริมาณ 1 หยด จากการเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) ในข้อ 2.1 ถึง 2.2 แล้วนำไปหยดลงใน เครื่องวิเคราะห์ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer)

2.4) ระดับกลูโคสในเลือด (Blood glucose level) ใช้วิธีแบ่งเลือดจากการเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) ในข้อ 2.1 ถึง 2.2 แล้วนำไปวิเคราะห์ในเครื่องวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Abbott architect โดยใช้หลักการ Enzymatic วัดการ ดูดกลืนแสง

ขณะเดียวกันผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate; HR) ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ระดับ การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (Rate of perceived exertion) ด้วยการใช้มาตรวัดระดับ การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยของบอร์กฉบับภาษาไทย (Borg's scale) อาการทางกระเพาะ ลำไส้ (Gastrointestinal symptoms) ด้วยมาตรวัดอาการแสดงทางระบบทางเดินอาหาร แบบวิซวลอนาล็อก (Visual analogue scale) จากนั้นผู้ช่วยวิจัยให้ผู้ร่วมวิจัยดื่มเครื่องดื่ม คาเฟอีนที่มีปริมาณคาเฟอีน 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ปริมาณ 150 มิลลิลิตร โดยค่อยๆ ดื่ม และดื่มให้หมดภายใน 5 นาที และให้ผู้ร่วมวิจัยนั่งพัก 60 นาที

- 3) เมื่อนั่งพักครบ 60 นาที ผู้ช่วยวิจัยเก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ร่วมวิจัยครั้งที่ 2 เพื่อนำเลือด ไปวิเคราะห์ระดับกรดไขมันอิสระ ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด และ ระดับกลูโคสในเลือด ด้วยวิธีการเดียวกับการเก็บตัวอย่างเลือดและการวิเคราะห์ผลใน ครั้งที่ 1 ขณะเดียวกันผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยและอาการทางกระเพาะลำไส้ ด้วยวิธีการเดียวกับการ เก็บข้อมูลในครั้งที่ 1

ช่วงเริ่มวิ่ง

- 4) ให้ผู้ร่วมวิจัยอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ด้วยการเดินบนเครื่องลู่วิ่งไฟฟ้า โดยใช้ความหนักที่ ระดับ 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จากนั้นผู้วิจัยเพิ่มระดับของความหนัก โดย ปรับเพิ่มความเร็ว (Speed) ของเครื่องลู่วิ่งไฟฟ้าให้เร็วขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ร่วม วิจัยเริ่มวิ่ง จนสามารถวิ่งถึงความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) จึงหยุดเพิ่มความเร็วและ

รักษาระดับของความเร็วไว้ ผู้วิจัยควบคุมการเพิ่มระดับความเร็วให้สัมพันธ์กับเวลาที่สามารถทำให้ผู้ร่วมวิจัยวิ่งถึงระดับหนักดังกล่าวให้ได้ภายในเวลา 5 นาที

ช่วงวิ่ง

- 5) เมื่อผู้ร่วมวิจัยวิ่งได้ 30 นาที นับตั้งแต่เริ่มวิ่ง ผู้ช่วยวิจัยเก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ร่วมวิจัยครั้งที่ 3 เพื่อนำเลือดไปวิเคราะห์ระดับกรดไขมันอิสระ ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด และระดับกลูโคสในเลือด ด้วยวิธีการเดียวกับการเก็บตัวอย่างเลือดและการวิเคราะห์ผลในครั้งที่ 1 ขณะเดียวกันผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย และอาการทางกระเพาะลำไส้ ด้วยวิธีการเดียวกับการเก็บข้อมูลในครั้งที่ 1
- 6) ในนาทีที่ 45 ของการวิ่ง ผู้ช่วยวิจัยให้ผู้ร่วมวิจัยดื่มเครื่องดื่มคาเฟอีนที่มีปริมาณคาเฟอีน 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ปริมาณ 150 มิลลิลิตร โดยค่อยๆ ดื่ม และดื่มให้หมดภายใน 5 นาที
- 7) ผู้ช่วยวิจัยเก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ร่วมวิจัย ครั้งที่ 4 ในนาทีที่ 60 และเก็บตัวอย่างเลือดในทุกๆ 30 นาที จนกว่าผู้ร่วมวิจัยวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง เพื่อนำเลือดไปวิเคราะห์ระดับกรดไขมันอิสระ ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด และระดับกลูโคสในเลือด ด้วยวิธีการเดียวกับการเก็บตัวอย่างเลือดและการวิเคราะห์ผลในครั้งที่ 1 ขณะเดียวกันผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยและอาการทางกระเพาะลำไส้ ด้วยวิธีการเดียวกับการเก็บข้อมูลในครั้งที่ 1
- 8) ณ เวลาที่ผู้ร่วมวิจัยวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง ผู้วิจัยบันทึกข้อมูลตัวแปรระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (Time to exhaustion) จากข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องลูกลไฟฟ้า จากนั้นผู้วิจัยจึงปรับลดความเร็วของเครื่องลูกลไฟฟ้าลงเพื่อให้ผู้ร่วมวิจัยคลายอ่อนร่างกาย โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที
- 9) ให้ผู้ร่วมวิจัยลงจากลูกลไฟฟ้าถอดเข็มที่คาไว้ออกจากแขน ยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อให้อ่อนคลายตัว และนั่งพักจนหายเหนื่อยแล้ว จากนั้นเก็บข้อมูลองค์ประกอบร่างกายครั้งที่ 2 ของผู้ร่วมวิจัย ได้แก่ น้ำหนักตัวเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ตัวแปรของ

ปริมาณการสูญเสียน้ำ (Fluid loss) และถอดสายรัดหน้าอกที่ติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor)

เสร็จสิ้นการทดสอบ

รายละเอียดเพิ่มเติม

- 1) ตลอดระยะเวลาของการทดลอง ผู้ร่วมวิจัยสามารถดื่มน้ำเปล่าที่ผู้ช่วยวิจัยได้เตรียมไว้ในปริมาณไม่เกิน 200 มิลลิลิตร ทั้งนี้ผู้วิจัยจะบันทึกปริมาณน้ำที่ดื่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง
- 2) การเก็บตัวอย่างเลือด ทำการเจาะโดยผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นนักเทคนิคการแพทย์ จากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเจาะเลือดครั้งแรกเสร็จแล้วจะคาเข็มไว้จนสิ้นสุดการทดลองจึงถอดเข็มออก โดยขณะเจาะเลือดจะให้ผู้ร่วมวิจัยยืนในท่ายืนกางขา และวางเท้าอย่างมั่นคงบนบริเวณขอบของเครื่องลูกลไฟฟ้า ยื่นแขนให้นักเทคนิคการแพทย์ทำการเจาะเลือด นักเทคนิคการแพทย์เจาะเลือดอย่างระมัดระวังและใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างเลือดให้เสร็จภายใน 30 วินาที ถึง 1 นาที
- 3) ท่ายืนกางขาเพื่อให้นักเทคนิคการแพทย์เจาะเลือด ผู้ร่วมวิจัยได้รับการอธิบายขั้นตอนพร้อมให้ฝึกท่าทางดังกล่าวจนชำนาญก่อนเริ่มการทดลอง พร้อมมีมาตรการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุขณะเจาะเลือด (ภาคผนวก ก) เพื่อลดความความเสี่ยงต่อการล้ม
- 4) หากผู้ร่วมวิจัยไม่สามารถวิ่งได้ถึง 120 นาที (2 ชั่วโมง) อาทิ หน้ามืด เป็นลม หรือจุกเสียด แน่นท้อง ขณะทำการทดลอง ผู้วิจัยหยุดทำการทดลองครั้งทันที และทำการปฐมพยาบาลจนผู้ร่วมวิจัยจนอาการดีขึ้น จนรู้สึกเป็นปกติ และทำการนัดหมายผู้ร่วมวิจัยมาทำการทดลองใหม่อีกครั้ง โดยให้ผู้ร่วมวิจัยพักผ่อนอย่างน้อย 7 วัน เนื่องจากการเหนื่อยหมดแรงผู้ร่วมวิจัยต้องได้รับการพักผ่อนอย่างเต็มที่ก่อนเข้าร่วมการทดลองอีกครั้ง โดยจะไม่มีทำการทดลองใหม่ในวันเดียวกัน
- 5) ถ้าผู้วิจัยวิ่งได้เกิน 120 นาที จะยังคงให้ผู้วิจัยวิ่งต่อจนเหนื่อยหมดแรงและเก็บตัวอย่างเลือดทุกๆ 30 นาที

ด้วยการวิจัยนี้ มุ่งเน้นการวิเคราะห์ระดับคาเฟอีนในเลือดที่มีความสัมพันธ์หรือมีผลกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร จึงจำเป็นที่จะต้องมีการเก็บตัวอย่างเลือดขณะออกกำลังกายในทุก 30 นาที (Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983; Eschbach, 2001; Desbrow et al., 2012) และ

ผู้วิจัยมีความคาดหวังไว้ว่า ผู้ร่วมวิจัยสามารถวิ่งได้มากกว่า 120 นาที โดยการทดสอบของกลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) สามารถสรุปเป็นขั้นตอนโดยรวม ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แผนภาพการทดลองกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 2 (PRECAF)

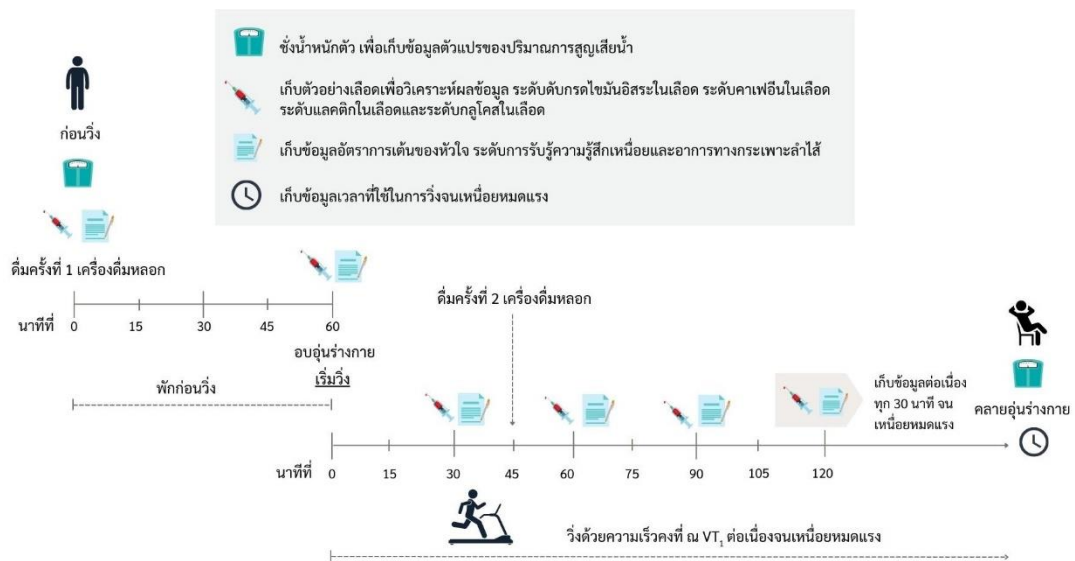
การดำเนินการทดสอบเหมือนกับกลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) แตกต่างกันที่การตีเครื่องที่ 2 คือ เปลี่ยนจากการให้ตีเครื่องตีคาเฟอีน 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg⁻¹) เป็นเครื่องตีมหลอกแทน ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แผนภาพการทดลองกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 3 (กลุ่มควบคุม หรือ PLA)

การดำเนินการทดสอบเหมือนกับ กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) แตกต่างกันที่การตี๋มเครื่องตี๋มครั้งที่ 1 ที่ให้ตี๋มเครื่องตี๋มคาเฟอีน 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) และครั้งที่ 2 ที่ให้ตี๋มเครื่องตี๋มคาเฟอีน 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) เปลี่ยนเป็นการให้ตี๋มเครื่องตี๋มหลอกแทนทั้งสองครั้ง ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แผนภาพการทดลองกลุ่มที่ 3

การดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัย กำกับ ติดตาม และดำเนินงานด้วยตนเองตั้งแต่การเปิดรับอาสาสมัครเข้าร่วมการทดลอง การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเลือก การนัดหมาย การลงนามยินยอมเข้าร่วมวิจัย และการวัด วิเคราะห์ตัวแปรที่ศึกษา ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แผนผังขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยและคณะผู้ช่วยวิจัย ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลอย่างละเอียด ครบถ้วนรายละเอียดดังนี้

- 1) การเก็บข้อมูลของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายและความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สและลูกลูกไฟฟ้า ตามวิธีทดสอบของแนวทางแบบบรูซ ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกน (Scan) เป็นไฟล์พีดีเอฟ (PDF File) และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics)
- 2) การเก็บข้อมูลน้ำหนัก วัดส่วนสูง ดัชนีมวลกาย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์
- 3) การเก็บข้อมูลของระดับกรดไขมันอิสระ ใช้วิธีเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) บริเวณแขน (Desbrow et al., 2012; ศาสวัต สุนทรกิติ, 2554) โดยใช้เลือดปริมาณ 4 มิลลิลิตร หรือประมาณเกือบ 1 ช้อนชา ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นำเลือดไปวิเคราะห์ด้วยชุดตรวจปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid quantitation kit) และนำไปเทียบความทึบแสง (Spectrophotometry) ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer) เพื่อหาปริมาณกรดไขมันอิสระ ที่หน่วยปฏิบัติการบริการวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์
- 4) การเก็บข้อมูลของระดับคาเฟอีนในเลือด (Blood caffeine level) ใช้วิธีเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) บริเวณแขน (Desbrow et al., 2012; ศาสวัต สุนทรกิติ, 2554) โดยใช้เลือดปริมาณ 4 มิลลิลิตร หรือประมาณเกือบ 1 ช้อนชา ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และนำเลือดไปวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในเลือด ด้วยวิธีและเทคนิคการแยกสารออกจากกัน โดยอาศัยหลักการของ

โครมาโทกราฟี (High performance liquid chromatography; HPLC) ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ฮาลาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์

- 5) การเก็บข้อมูลของระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate level) ใช้วิธีแบ่งเลือดปริมาณ 1 หยด จากการเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) ในข้อ 3 ถึง 4 และวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องวิเคราะห์ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer) ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์
- 6) การเก็บข้อมูลของระดับกลูโคสในเลือด (Blood glucose level) ใช้วิธีแบ่งเลือดจากการเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) ในข้อ 3 ถึง 4 และเครื่องวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Abbott architect โดยใช้หลักการ Enzymatic วัดการดูดกลืนแสง ที่หน่วยปฏิบัติการบริการวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์
- 7) การเก็บข้อมูลของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์
- 8) การเก็บข้อมูลระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (Time to exhaustion) จะบันทึกเวลา ณ เวลาสุดท้ายที่ผู้ร่วมการวิจัยวิ่งจนหมดแรงไม่สามารถวิ่งต่อได้ โดยใช้ข้อมูลเวลาที่แสดงบนหน้าจอบนหน้าจอของลู่วิ่งไฟฟ้า เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์

- 9) การเก็บข้อมูลของระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (Rate of perceived exertion) ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยมาตรวัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยของบอร์กฉบับภาษาไทย (Borg's scale) ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์
- 10) การเก็บข้อมูลของอาการทางกระเพาะลำไส้ (Gastrointestinal symptoms) ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยมาตรวัดอาการแสดงทางระบบทางเดินอาหารแบบวิซวลอนาล็อก (Visual analogue scale) ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์
- 11) การเก็บข้อมูลของปริมาณการสูญเสียน้ำ คำนวณจากผลต่างของน้ำหนักตัวก่อนและหลังการทดสอบรวมกับปริมาณน้ำที่ดื่ม ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลลงในแบบบันทึก เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรองข้อมูลโดยการสแกนเป็นไฟล์พีดีเอฟ และเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือสำหรับคัดกรองเพื่อลดความเสี่ยงไวรัสโคโรนา 2019 (Covid-19)

- 1) เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายทางหน้าผกแบบอินฟราเรด (Infrared) ยี่ห้อ Contec รุ่น TP500
- 2) แบบประเมินออนไลน์ระบบคัดกรอง Covid-19 ของกรุงเทพมหานคร (BBK Covid-19)

เครื่องมือสำหรับการคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

- 1) เครื่องวัดความดันโลหิต ยี่ห้อ Omron รุ่น HEM-7130
- 2) เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas analyzer) ยี่ห้อ Cortex รุ่น METAMAX® 3B
- 3) แบบประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย (Physical activity readiness questionnaire; PAR-Q+2019)
- 4) แบบคัดกรอง

เครื่องมือสำหรับการเตรียมเครื่องดื่ม

- 1) เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียดระดับทศนิยมสองตำแหน่ง ยี่ห้อ 703S รุ่น 703S-600g
- 2) เครื่องปั่นความเร็วสูงระบบสุญญากาศ ยี่ห้อ Philips รุ่น HR3725
- 3) เครื่องวัดอุณหภูมิอาหารและน้ำ ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI98509
- 4) ตู้เย็นมินิบาร์ ยี่ห้อ Haier รุ่น HR-50
- 5) บรรจุภัณฑ์สำหรับเก็บเครื่องดื่ม

เครื่องมือสำหรับการทดสอบตัวแปร

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer)
- 2) เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatograph; HPLC) ยี่ห้อ Alltech รุ่น ELSD 2000ES
- 3) เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer) ยี่ห้อ Jawon Medical รุ่น ioi 353
- 4) เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar รุ่น H10
- 5) เครื่องวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือด ยี่ห้อ Abbott architect รุ่น ci4100
- 6) เครื่องวิเคราะห์ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer) ยี่ห้อ EKF Diagnostics รุ่น Lactate scout+
- 7) เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer) ยี่ห้อ Perkinelmer รุ่น PERKIN ELMER Spectrum GX
- 8) ชุดตรวจปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid quantitation kit) ยี่ห้อ MAK004 รุ่น Sigma-Aldrich
- 9) แบบบันทึกการทำกิจกรรมทางกาย (Physical activity record)
- 10) แบบบันทึกการรับประทานอาหาร (Food record)
- 11) มาตรฐานระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยของบอร์ก ฉบับภาษาไทย (Borg's scale)
- 12) มาตรฐานอาการแสดงทางระบบทางเดินอาหารแบบวิช่วลนาฬิกา (Visual analogue scale)
- 13) ลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ยี่ห้อ h/p/cosmos รุ่น pluto® med
- 14) อุปกรณ์เจาะเลือดตามมาตรฐาน

ตารางที่ 6 อุปกรณ์ เครื่องมือหรือวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล และการเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูล	อุปกรณ์/ เครื่องมือที่ใช้วัดข้อมูล/ วิธี	การเก็บรวบรวมและบันทึก
น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย	เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer)	บันทึกผลลงในแบบบันทึก ผลการทดลองการวิจัย (ภาคผนวก ก)
อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของ ร่างกาย ความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT ₁)	เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas analyzer) เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer)	บันทึกผลลงในแบบบันทึก การทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (ภาคผนวก ข)
อัตราการเต้นของหัวใจ	เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor)	
ระยะเวลาของการออกกำลังกาย เหนื่อยหมดแรง	เวลาที่ปรากฏบนหน้าจอลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill)	
ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย	มาตรวัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยของบอร์กฉบับภาษาไทย (Borg's scale)	
ระดับคาเฟอีนในเลือด	เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)	บันทึกผลลงในแบบบันทึก ผลการทดลองการวิจัย (ภาคผนวก ก)
ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด	เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer)	
ระดับกรดแลคติกในเลือด	เครื่องวิเคราะห์ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer)	
ระดับน้ำตาลในเลือด	เครื่องวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือด (Abbott architect)	
ปริมาณการสูญเสียน้ำ	คำนวณจากผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบ รวมกับปริมาณน้ำที่ดื่ม	
อาการทางกระเพาะลำไส้	มาตรวัดอาการแสดงทางระบบทางเดินอาหารแบบวิชวลอนาล็อก (Visual analogue scale)	

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0 และนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของตารางข้อมูลและแผนภูมิประกอบความเรียง จำนวนทั้งหมด 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลด้านสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพความอดทน ได้แก่

ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบทางเดียว (One-way repeated measures; ANOVA)

ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ตอนที่ 3 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่

ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ระดับคาเฟอีนในเลือด ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ระดับของอัตราการเต้นของหัวใจ ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ระดับกรดแลคติกในเลือด ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ระดับน้ำตาลในเลือด ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ปริมาณการสูญเสียเหงื่อ ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบทางเดียว (One-way repeated measures; ANOVA)

ตอนที่ 4 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านอาการของระบบทางเดินอาหาร ได้แก่

อาการทางกระเพาะลำไส้ ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ตอนที่ 5 สรุปผลของการได้รับค่าเฟ้อต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร

ข้อพิจารณาจริยธรรม

ผู้วิจัยตระหนักถึงหลักปฏิบัติอันเหมาะสมที่เป็นที่ยอมรับในกลุ่มบุคคลหรือสังคมให้ยึดถือปฏิบัติสอดคล้องกับหลักสากล และไม่ขัดต่อวัฒนธรรม ประเพณีของท้องถิ่น โดยใช้หลักจริยธรรมในการทำวิจัยในคนทั่วไป (Belmont report) ประกอบด้วยหลัก 3 ประการ ได้แก่ หลักความเคารพในบุคคล (Respect for person) หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) และหลักความยุติธรรม (Justice) (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2560) เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการให้ข้อมูล ชี้แจง และให้สิทธิกับอาสาสมัครและผู้ร่วมวิจัย รายละเอียด ดังนี้

- 1) อาสาสมัครทุกคนจะได้รับการชี้แจงโดยละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะให้เวลาอย่างเพียงพอ และโอกาสในการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม ก่อนการลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
- 2) อาสาสมัครทุกคนมีสิทธิในการตัดสินใจเข้าร่วมวิจัยโดยอิสระ และสามารถขอถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล
- 3) อาสาสมัครได้รับข้อมูลจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมและหนังสือแสดงความยินยอม โดยมีรายละเอียดของโครงการวิจัย คำอธิบายถึงความเสี่ยง และความไม่สบายที่อาจเกิดขึ้นในการวิจัย
- 4) การวิจัยผู้วิจัยจะดำเนินการทดลองอย่างระมัดระวังอย่างที่สุด เพื่อลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น และจะไม่ทำให้อาสาสมัครได้รับบาดเจ็บเกินกว่าที่ได้อธิบายไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมและหนังสือแสดงความยินยอม
- 5) ผู้วิจัยจะเคารพในการรักษาความลับของอาสาสมัครทุกคน โดยจะเก็บข้อมูลส่วนตัวเป็นความลับอย่างที่สุด อนึ่ง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง วิเคราะห์ สรุปและอภิปรายผล อาจถูกเปิดเผยต่อสาธารณะเพื่อประโยชน์ทางวิชาการ ทั้งนี้จะไม่ระบุชื่อของอาสาสมัคร
- 6) อาสาสมัครจะถูกคัดเลือกตามเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกอย่างชัดเจน และการสุ่มเพื่อรับการทดลองจะดำเนินไปด้วยความยุติธรรม เท่าเทียม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยดำเนินการทดลองแบบไขว้ (Cross-over trials) แบบอำพรางฝ่ายเดียว (Single-blinded experiment) มีวัตถุประสงค์สองประการ คือ ประการแรก เพื่อศึกษาผลของการได้รับคาเฟอีนที่มีต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร และประการที่สอง เพื่อเปรียบเทียบผลของการได้รับคาเฟอีน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่างการวิ่ง) กับการได้รับคาเฟอีน 1 ครั้ง (ก่อนการวิ่ง) ต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองของสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร กลุ่มตัวอย่างคือ นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เพศชาย อายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี จำนวน 8 คน ก่อนการทดสอบผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ น้ำหนัก (Weight) ส่วนสูง (Height) ดัชนีมวลกาย (Body mass index) มวลกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle mass) มวลไขมัน (Fat mass) ร้อยละของไขมันในร่างกาย (Percentage of body fat) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) ความเร็วที่ใช้ในการวิ่ง ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (Velocity at first ventilatory threshold; VT_1) สถิติเวลาในการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอนของผู้ร่วมวิจัย และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (Maximal oxygen consumption; VO_{2max}) จากนั้นผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการทดสอบเป็นการวิ่งแบบทนทานบนลู่วิ่งไฟฟ้า โดยกำหนดความเร็วคงที่ ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ซึ่งเป็นระดับของความเข้มข้นในการออกกำลังกายในกลุ่มกีฬาประเภททนทานที่มีค่าของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายที่ 45 ถึง 60 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อนาที ($ml \cdot k^{-1} \cdot min^{-1}$) สามารถวิ่งอย่างต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลา 1 ถึง 3 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส โดยให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งจนหมดแรง ทั้งนี้มีการสุ่มให้ผู้ร่วมวิจัยดื่มเครื่องดื่มทั้งหมด 3 เจียนไซ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 (PRE + DURCAF) ได้รับคาเฟอีนครั้งแรกปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ($mg \cdot kg^{-1}$) 60 นาที ก่อนการวิ่งและได้รับครั้งที่สองในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ($mg \cdot kg^{-1}$) ในนาที่ที่ 45 ขณะวิ่ง ส่วนกลุ่มที่ 2 (PRECAF) ได้รับคาเฟอีนปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ($mg \cdot kg^{-1}$) 60 นาที ก่อนการวิ่งและได้รับเครื่องดื่มหลอกในนาที่ที่ 45 ขณะวิ่ง และกลุ่มที่ 3 (PLA) ได้รับเครื่องดื่มหลอก 60 นาที ก่อนการวิ่ง และครั้งที่สองในนาที่ที่ 45 ขณะวิ่ง โดยผู้ร่วมวิจัยทุกคนจะต้องเข้ารับการทดสอบให้ครบทั้งสามเงื่อนไข เพื่อให้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลตัวแปรด้านสมรรถภาพความอดทน ค่าชีวเคมีในเลือด และอาการของระบบทางเดินอาหารได้อย่างครบถ้วน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0 และนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปของตารางข้อมูล แผนภูมิ และกราฟประกอบความเรียง จำนวนทั้งหมด 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลด้านสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อลาย มวลไขมัน ร้อยละของไขมันในร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความเร็วที่ใช้ในการวิ่ง ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT₁) สถิติเวลาในการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอนของผู้ร่วมวิจัย และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย

ตอนที่ 2 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพความอดทน ได้แก่

2.1 ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบทางเดียว (One-way repeated measures; ANOVA)

2.2 ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ตอนที่ 3 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่

3.1 ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

3.2 ระดับคาเฟอีนในเลือด ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

3.3 ระดับของอัตราการเต้นของหัวใจ ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

3.4 ระดับกรดแลคติกในเลือด ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

3.5 ระดับน้ำตาลในเลือด ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

3.6 ปริมาณการสูญเสียเหงื่อ ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบทางเดียว (One-way repeated measures; ANOVA)

ตอนที่ 4 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านอาการของระบบทางเดินอาหาร ได้แก่

4.1 อาการทางกระเพาะลำไส้ ทำการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้องกันแบบสองทาง (Two-way repeated measures; ANOVA)

ตอนที่ 5 สรุปผลของการได้รับคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร

โดยสามารถสรุปรายละเอียดของแต่ละตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลด้านสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลด้านสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลผู้ร่วมวิจัย (n = 8)	$\bar{x} \pm S.D.$
อายุ (ปี)	33.25 \pm 3.19
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	71.80 \pm 7.35
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	174.37 \pm 4.86
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อเมตร ²)	23.62 \pm 2.19
มวลกล้ามเนื้อละลาย (กิโลกรัม)	32.35 \pm 5.09
มวลไขมัน (กิโลกรัม)	13.75 \pm 4.14
ร้อยละของไขมันในร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	19.33 \pm 5.81
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	63.62 \pm 6.18
ความเร็วที่ใช้ในการวิ่ง ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	9.11 \pm 1.10
สถิติเวลาในการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอนของผู้ร่วมวิจัย (นาที)	109.37 \pm 9.72
อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อนาที)	52.75 \pm 2.76

จากตารางที่ 7 แสดงข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 8 คน มีอายุเฉลี่ย 33.25 \pm 3.19 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 71.80 \pm 7.35 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 174.37 \pm 4.86 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 23.62 \pm 2.19 กิโลกรัมต่อเมตร² มวลกล้ามเนื้อละลายเฉลี่ย 32.35 \pm 5.09 กิโลกรัม มวลไขมันเฉลี่ย 13.75 \pm 4.14 กิโลกรัม ร้อยละของไขมันในร่างกายเฉลี่ยเท่ากับ 19.33 \pm 5.81 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเฉลี่ย 63.62 \pm 6.18 ครั้งต่อนาที ความเร็วที่ใช้ในการวิ่ง ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT₁) เท่ากับ 9.11 \pm 1.10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สถิติเวลาในการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอนของผู้ร่วมวิจัยเท่ากับ 109.37 \pm 9.72 นาที และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายเฉลี่ย 52.75 \pm 2.76 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อนาที

ตอนที่ 2 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพความอดทน

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบทางเดียวของระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (นาที)				
กลุ่มการทดสอบ		$\bar{x} \pm S.D.$	F	P-value
	(n=8)			
กลุ่มที่ 1	PRE + DURCAF	126.52 \pm 4.54		
กลุ่มที่ 2	PRECAF	127.46 \pm 3.72	3.758	.049*
กลุ่มที่ 3	PLA	124.61 \pm 4.58		

*p < .05

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 126.52 \pm 4.54 นาที กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 127.46 \pm 3.72 นาที และกลุ่มที่ 3 เท่ากับ 124.61 \pm 4.58 นาที

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนทางเดียวของระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของ Bonferroni ดังเสนอในตารางที่ 9

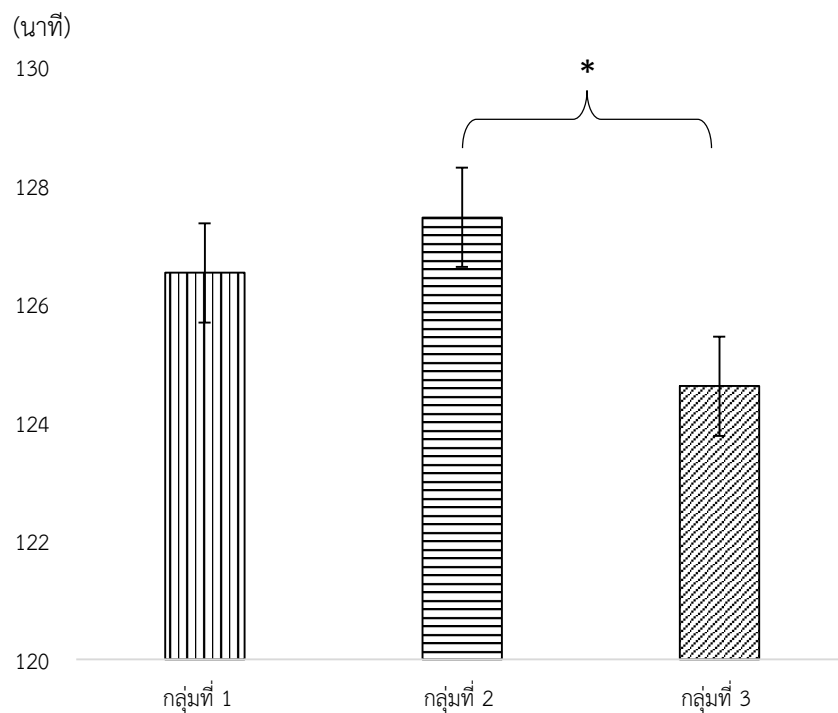
ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (นาที)			
(I) กลุ่ม	(J) กลุ่ม	Mean (I-J) \pm S.D.	P-value
1	2	-.94 \pm 1.17	1.00
	3	1.91 \pm 1.19	.457
2	1	.94 \pm 1.17	1.00
	3	2.85 \pm .76	.022*
3	1	-1.91 \pm 1.19	.457
	2	-2.85 \pm .76	.022*

*p < .05

จากตารางที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง พบว่า กลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาพที่ 13 แผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



* $p < .05$

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3

หากพิจารณาระหว่างกลุ่ม ด้วยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยระยะเวลาของการออกกำลังกายจนหมดแรงระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 (*) ถ้าเปรียบเทียบเป็นร้อยละระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มที่ 1 มีระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงมากกว่ากลุ่มที่ 3 เท่ากับ 1.53% กลุ่มที่ 2 มีระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงมากกว่ากลุ่มที่ 3 เท่ากับ 2.29% และกลุ่มที่ 2 ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนหมดแรงมากกว่ากลุ่มที่ 1 เท่ากับ 0.74%

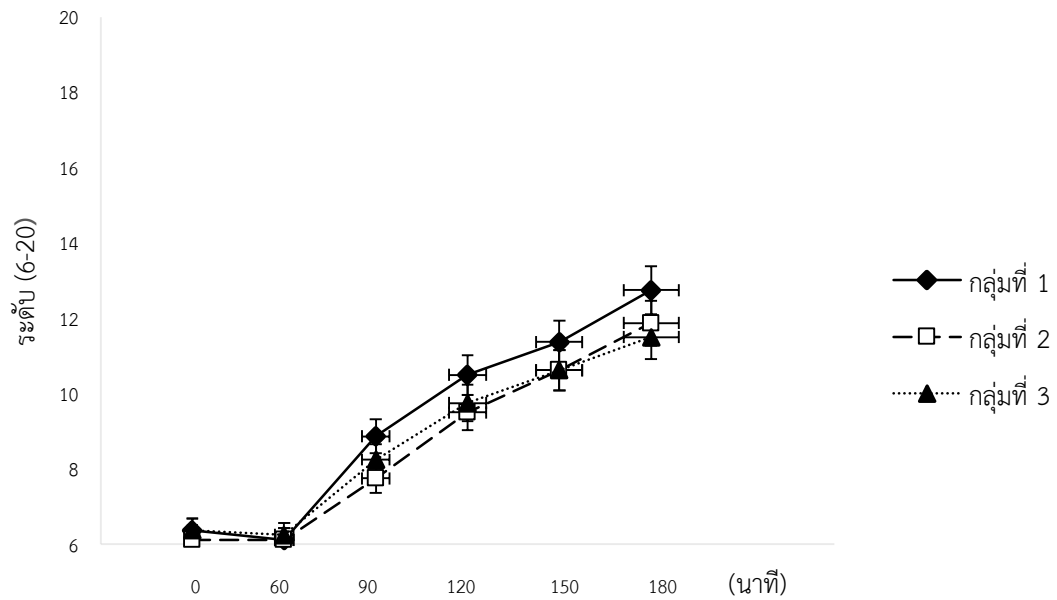
ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน แบบสองทางของระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ระดับ (6-20)			
นาทิตี	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF	PRECAF	PLA
	(n=8)	(n=8)	(n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	6.37 ± 1.06	6.12 ± .35	6.37 ± 1.06
60	6.12 ± .35	6.12 ± .35	6.25 ± .70
90	8.87 ± 1.88	7.75 ± 1.66	8.25 ± 1.83
120	10.50 ± 2.26	9.50 ± 2.32	9.75 ± 2.71
150	11.37 ± 2.66	10.62 ± 2.82	10.62 ± 2.87
180	12.75 ± 2.91	11.87 ± 3.35	11.50 ± 3.29

*p < .05

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยของระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยแต่ละช่วงเวลา โดยในนาทิตี 0 ของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 6.37 ± 1.06 กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 6.12 ± .35 กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 6.37 ± 1.06 นาทิตี 60 ของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 6.12 ± .35 กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 6.12 ± .35 กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 6.25 ± .70 นาทิตี 90 ของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 8.87 ± 1.88 กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 7.75 ± 1.66 กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 8.25 ± 1.83 นาทิตี 120 ของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 10.50 ± 2.26 กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 9.50 ± 2.32 กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 9.75 ± 2.71 นาทิตี 150 ของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 11.37 ± 2.66 กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 10.62 ± 2.82 กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 10.62 ± 2.87 และนาทิตี 180 ของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 12.75 ± 2.91 กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 11.87 ± 3.35 กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 11.50 ± 3.29

ภาพที่ 14 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยในแต่ ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการ เปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อ กันแบบสองทางของระดับกรดไขมันอิสระในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

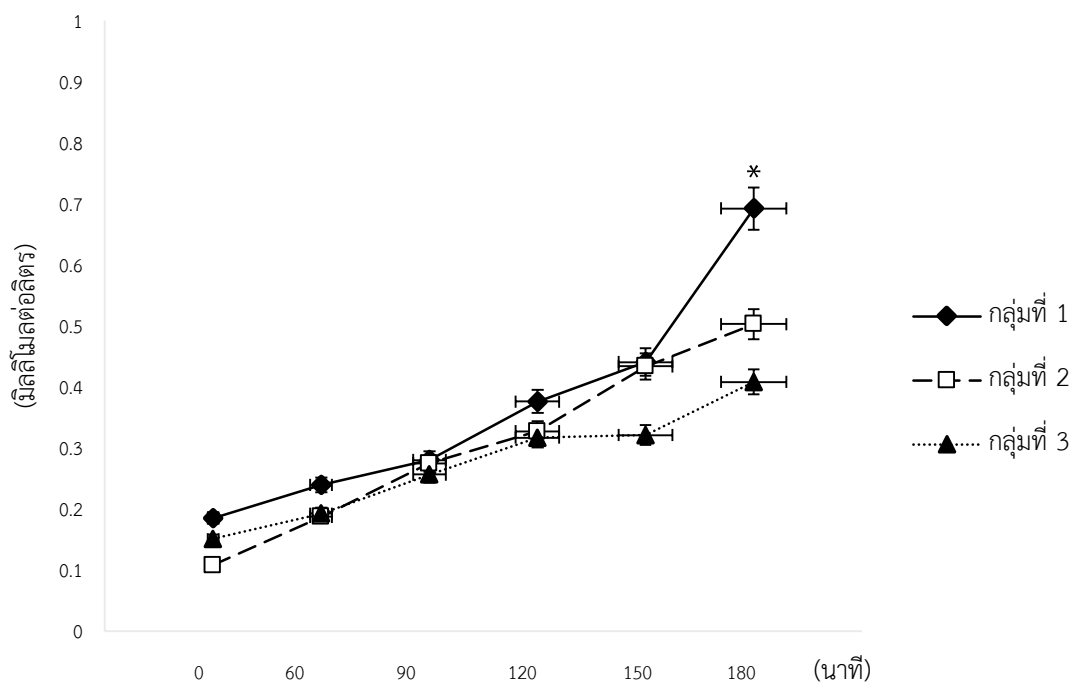
ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด (มิลลิโมลต่อลิตร)			
นาทิตี	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF (n=8)	PRECAF (n=8)	PLA (n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	.023 ± .015	.013 ± .015	.018 ± .015
60	.029 ± .016	.023 ± .014	.024 ± .015
90	.034 ± .017	.034 ± .027	.032 ± .015
120	.046 ± .021	.040 ± .021	.039 ± .024
150	.055 ± .029	.054 ± .016	.040 ± .029
180	.086 ± .026*	.062 ± .011	.051 ± .018*

*p < .05

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันของนาทิตี 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นเฉลี่ยของระดับกรดไขมันอิสระแต่ละช่วงเวลา โดยในนาทิตี 0 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .231 ± .015 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .0135 ± .015 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .018 ± .015 มิลลิโมลต่อลิตร นาทิตี 60 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .029 ± .016 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .023 ± .014 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .024 ± .015 มิลลิโมลต่อลิตร นาทิตี 90 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .034 ± .017 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .034 ± .027 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .032 ± .015 มิลลิโมลต่อลิตร นาทิตี 120 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .046 ± .021 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .040 ± .021 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .039 ± .024 มิลลิโมลต่อลิตร นาทิตี 150 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .055 ± .029 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .054 ± .016 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .040 ± .029 มิลลิโมลต่อลิตร และนาทิตี 180 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .086 ± .026 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .062 ± .011 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .051 ± .018 มิลลิโมลต่อลิตร

ภาพที่ 15 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกรดไขมันอิสระในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



* $p < .05$

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันของนาทีที่ 180 ของกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3

หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยทั้งอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลามีผลต่อนาทีที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 (*) โดยมีค่า $P = 0.002$

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของระดับคาเฟอีนในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

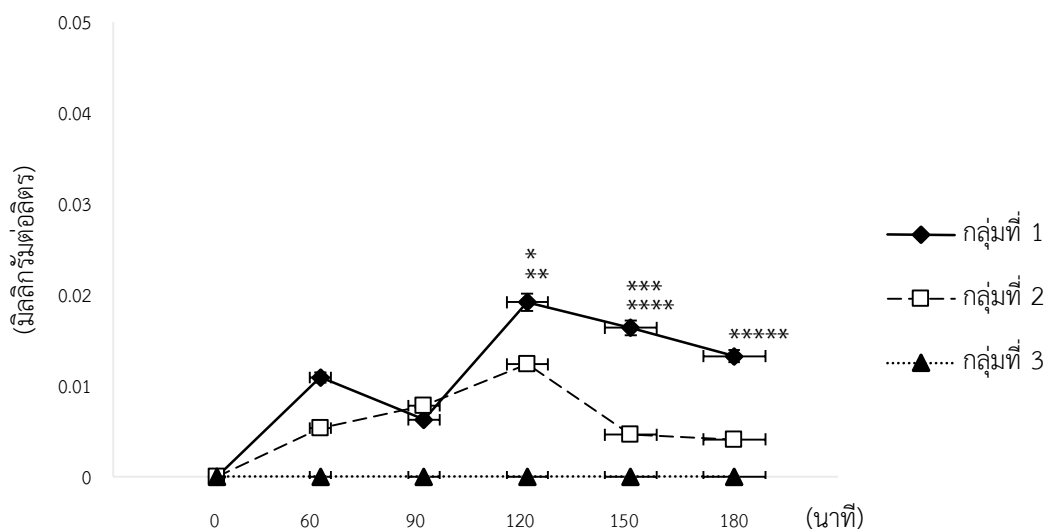
ระดับคาเฟอีนในเลือด (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
นาทิตี	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF	PRECAF	PLA
	(n=8)	(n=8)	(n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	.000 ± .000	.000 ± .000	.000 ± .000
60	.010 ± .010	.005 ± .008	.000 ± .000
90	.006 ± .003	.007 ± .009	.000 ± .000
120	.019 ± .026*	.012 ± .019**	.000 ± .000* **
150	.016 ± .009*** ****	.004 ± .008***	.000 ± .000****
180	.013 ± .007*****	.004 ± .005	.000 ± .000*****

*p < .05

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันของนาทิตี 120 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3
****** แสดงความแตกต่างกันของนาทิตี 120 ระหว่างกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3
******* แสดงความแตกต่างกันของนาทิตี 150 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2
******** แสดงความแตกต่างกันของนาทิตี 150 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3
********* แสดงความแตกต่างกันของนาทิตี 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของระดับคาเฟอีนในเลือดแต่ละช่วงเวลา โดยของนาทิตี 0 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .000 ± .000 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .000 ± .000 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .000 ± .000 มิลลิกรัมต่อลิตร นาทิตี 60 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .010 ± .010 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .005 ± .008 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .000 ± .000 มิลลิกรัมต่อลิตร นาทิตี 90 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .006 ± .003 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .007 ± .009 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .000 ± .000 มิลลิกรัมต่อลิตร นาทิตี 120 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .019 ± .026 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .012 ± .019 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .000 ± .000 มิลลิกรัมต่อลิตร นาทิตี 150 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .016 ± .009 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .004 ± .008 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .000 ± .000 มิลลิกรัมต่อลิตร และนาทิตี 180 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .013 ± .007 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 2 .004 ± .005 มิลลิกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .000 ± .000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ภาพที่ 16 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับคาเฟอีนในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



*p < .05

หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยทั้งอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา มีผลต่อนาทีที่ 120 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 (*) โดยมีค่า P = .000 และกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 (**) มีค่า P เท่ากับ .031 นาทีที่ 150 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 (***) โดยมีค่า P เท่ากับ .044 และกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 (****) มีค่า P เท่ากับ .002 และในนาทีที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 (*****) โดยมีค่า P เท่ากับ .005

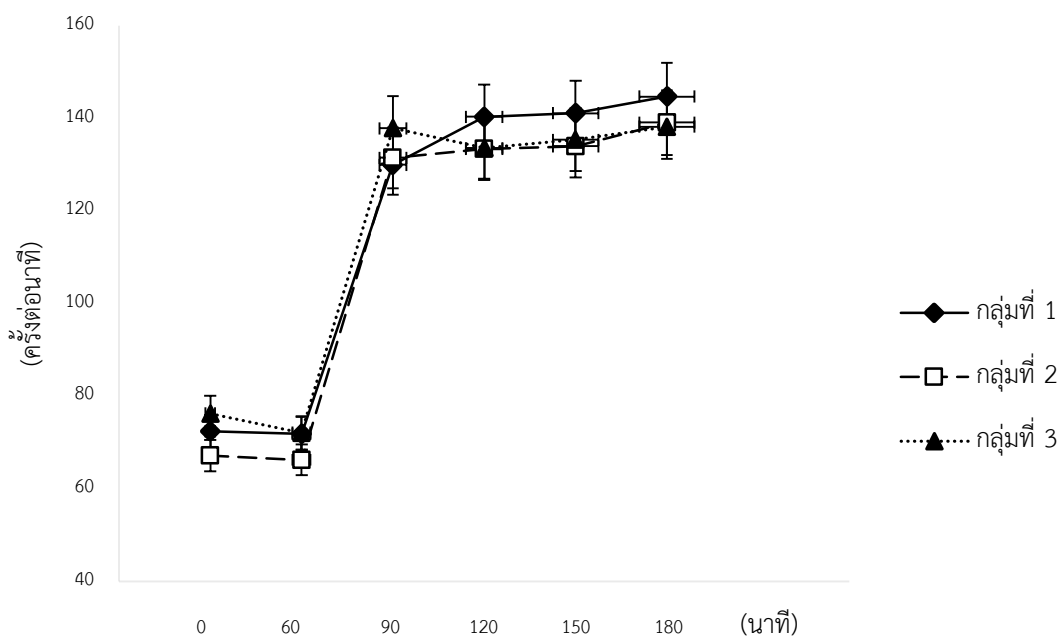
ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน แบบสองทางของระดับอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

นาทิตี	ระดับอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)		
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF (n=8)	PRECAF (n=8)	PLA (n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	72.37 \pm 9.14	67.12 \pm 8.87	76.25 \pm 9.16
60	71.87 \pm 13.43	66.25 \pm 8.34	72.12 \pm 10.50
90	130.00 \pm 13.97	131.50 \pm 15.58	137.87 \pm 9.04
120	140.37 \pm 12.12	133.37 \pm 15.58	133.62 \pm 9.94
150	141.12 \pm 13.38	134.00 \pm 17.59	135.37 \pm 10.39
180	144.75 \pm 16.20	139.12 \pm 17.00	138.25 \pm 12.45

*p < .05

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของระดับอัตราการเต้นของหัวใจ แต่ละช่วงเวลา โดยของนาทิตีที่ 0 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 72.37 \pm 9.14 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 67.12 \pm 8.87 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 76.25 \pm 9.16 ครั้งต่อนาที นาทิตีที่ 60 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 71.87 \pm 13.43 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 66.25 \pm 8.34 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 72.12 \pm 10.50 ครั้งต่อนาที นาทิตีที่ 90 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 130.00 \pm 13.97 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 131.50 \pm 15.58 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 137.87 \pm 9.04 ครั้งต่อนาที นาทิตีที่ 120 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 140.37 \pm 12.12 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 133.37 \pm 15.58 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 133.62 \pm 9.94 ครั้งต่อนาที นาทิตีที่ 150 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 141.12 \pm 13.38 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 134.00 \pm 17.59 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 135.37 \pm 10.39 ครั้งต่อนาที และนาทิตีที่ 180 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 144.75 \pm 16.20 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 139.12 \pm 17.00 ครั้งต่อนาที กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 138.25 \pm 12.45 ครั้งต่อนาที

ภาพที่ 17 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



*p < .05

หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน แบบสองทางของระดับกรดแลคติกในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

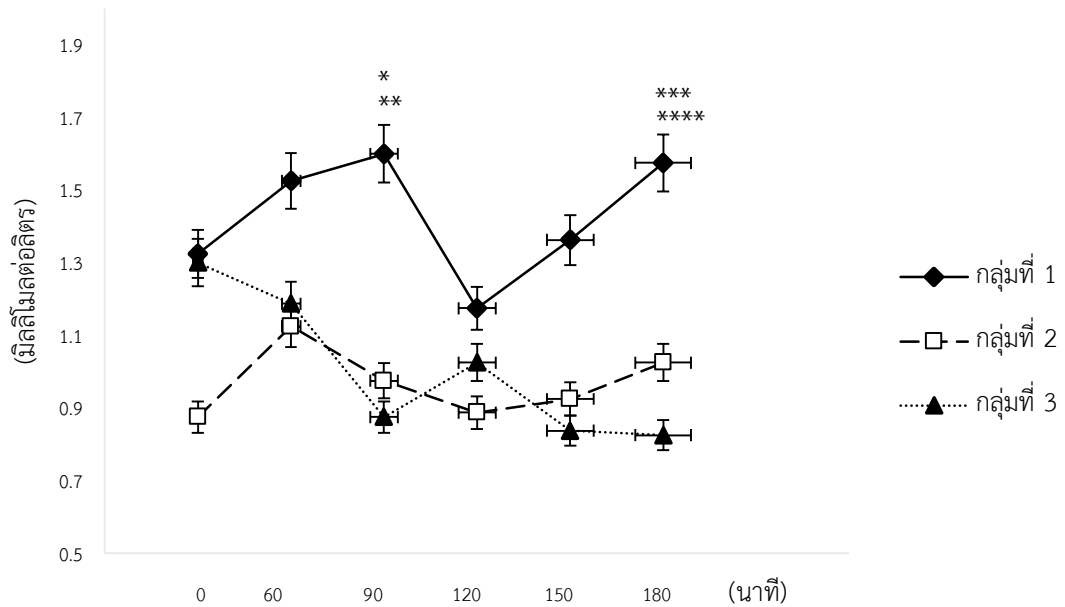
ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมลต่อลิตร)			
นาที่ที่	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF	PRECAF	PLA
	(n=8)	(n=8)	(n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	1.32 ± .16	.87 ± .43	1.30 ± .26
60	1.52 ± .67	1.12 ± 0.45	1.18 ± .33
90	1.60 ± .66* **	.97 ± .43*	.87 ± .49**
120	1.17 ± .44	.88 ± .34	1.02 ± .59
150	1.36 ± .40	.92 ± .36	.83 ± .38
180	1.57 ± .55*** ****	1.02 ± .67***	.82 ± .43****

*p < .05

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันของนาที่ที่ 90 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2
 ** แสดงความแตกต่างกันของนาที่ที่ 90 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3
 *** แสดงความแตกต่างกันของนาที่ที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2
 **** แสดงความแตกต่างกันของนาที่ที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกในเลือดแต่ละช่วงเวลา โดยในนาที่ที่ 0 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.32 ± .16 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .87 ± .43 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 1.30 ± .26 มิลลิโมลต่อลิตร นาที่ที่ 60 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.52 ± .67 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 1.12 ± 0.45 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 1.18 ± .33 มิลลิโมลต่อลิตร นาที่ที่ 90 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.60 ± .66 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .97 ± .43 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .87 ± .49 มิลลิโมลต่อลิตร นาที่ที่ 120 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.17 ± .44 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .88 ± .34 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 1.02 ± .59 มิลลิโมลต่อลิตร นาที่ที่ 150 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.36 ± .40 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .92 ± .36 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .83 ± .38 มิลลิโมลต่อลิตร นาที่ที่ 180 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.57 ± .55 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 1.02 ± .67 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .82 ± .43 มิลลิโมลต่อลิตร

ภาพที่ 18 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกรดแลคติกในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



* $p < .05$

หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มี โดยทั้งอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลาผลต่อเวลาที่ 90 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 (*) โดยมีค่า $P = .026$ และกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 (**) มีค่า P เท่ากับ .007 และเวลาที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 (***) โดยมีค่า P เท่ากับ .014 และกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 (****) มีค่า P เท่ากับ .001

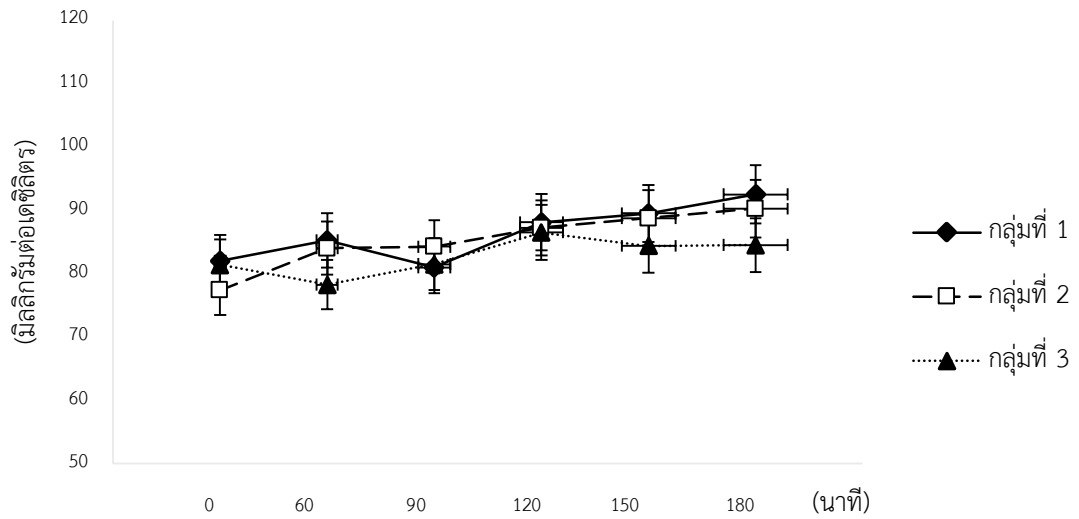
ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของระดับน้ำตาลในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

ระดับน้ำตาลในเลือด (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)			
นาที่ที่	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF	PRECAF	PLA
	(n=8)	(n=8)	(n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	82.00 \pm 15.00	77.37 \pm 7.76	81.37 \pm 18.53
60	85.25 \pm 14.32	84.00 \pm 4.53	78.25 \pm 13.42
90	81.00 \pm 7.30	84.25 \pm 4.20	81.50 \pm 7.61
120	88.12 \pm 7.29	87.25 \pm 2.25	86.50 \pm 6.86
150	89.50 \pm 8.43	88.75 \pm 3.24	84.37 \pm 5.12
180	92.50 \pm 8.84	90.25 \pm 4.02	84.50 \pm 4.81

*p < .05

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดแต่ละช่วงเวลา โดยในนาที่ที่ 0 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 82.00 \pm 15.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 77.37 \pm 7.76 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 81.37 \pm 18.53 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร นาที่ที่ 60 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 85.25 \pm 14.32 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 84.00 \pm 4.53 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 78.25 \pm 13.42 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร นาที่ที่ 90 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 81.00 \pm 7.30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 84.25 \pm 4.20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 81.50 \pm 7.61 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร นาที่ที่ 120 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 88.12 \pm 7.29 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 87.25 \pm 2.25 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 86.50 \pm 6.86 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร นาที่ที่ 150 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 89.50 \pm 8.43 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 88.75 \pm 3.24 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 84.37 \pm 5.12 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และนาที่ที่ 180 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ 92.50 \pm 8.84 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 90.25 \pm 4.02 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 84.50 \pm 4.81 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

ภาพที่ 19 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของของระดับน้ำตาลในเลือดในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



*p < .05

หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการทดสอบความแปรปรวนแบบ
 เกี่ยวข้องกันแบบทางเดียวของปริมาณการสูญเสียน้ำ ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

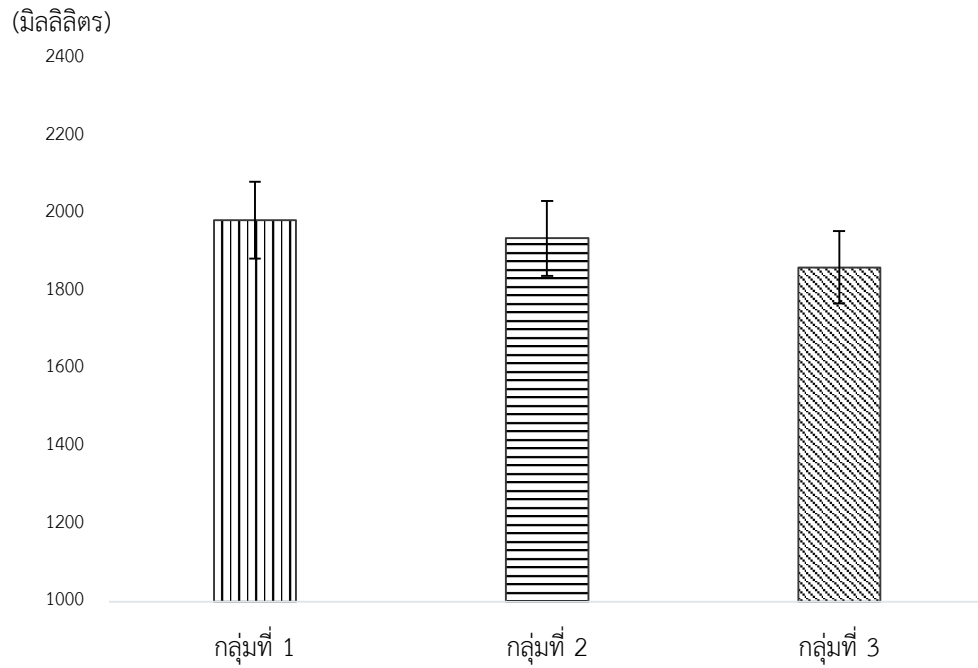
ปริมาณการสูญเสียน้ำ (มิลลิลิตร)				
กลุ่มการทดสอบ (n=8)		$\bar{x} \pm S.D.$	F	P-value
กลุ่มที่ 1	PRE + DURCAF	1,984.37 \pm 558.52		
กลุ่มที่ 2	PRECAF	1,937.50 \pm 560.45	.329	.725
กลุ่มที่ 3	PLA	1,862.50 \pm 450.19		

*p < .05

จากตารางที่ 31 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ
 1984.37 \pm 558.52 มิลลิลิตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 1937.50 \pm 560.45 มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 3 เท่ากับ
 1862.50 \pm 450.19 มิลลิลิตร

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างกลุ่มที่
 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาพที่ 20 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำ ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



*p < .05

หากพิจารณาระหว่างกลุ่ม ด้วยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำ พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 ผลของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านอาการของระบบทางเดินอาหาร

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของอาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

อาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง) (1-10 เซนติเมตร)			
นาทิตี	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF (n=8)	PRECAF (n=8)	PLA (n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	.12 ± .35	.00 ± .00	.00 ± .00
60	.37 ± 1.06	.00 ± .00	.00 ± .00
90	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
120	.62 ± .91	.00 ± .00	.00 ± .00
150	.87 ± 1.45* **	.00 ± .00*	.00 ± .00**
180	.37 ± .74	.00 ± .00	.37 ± 1.06

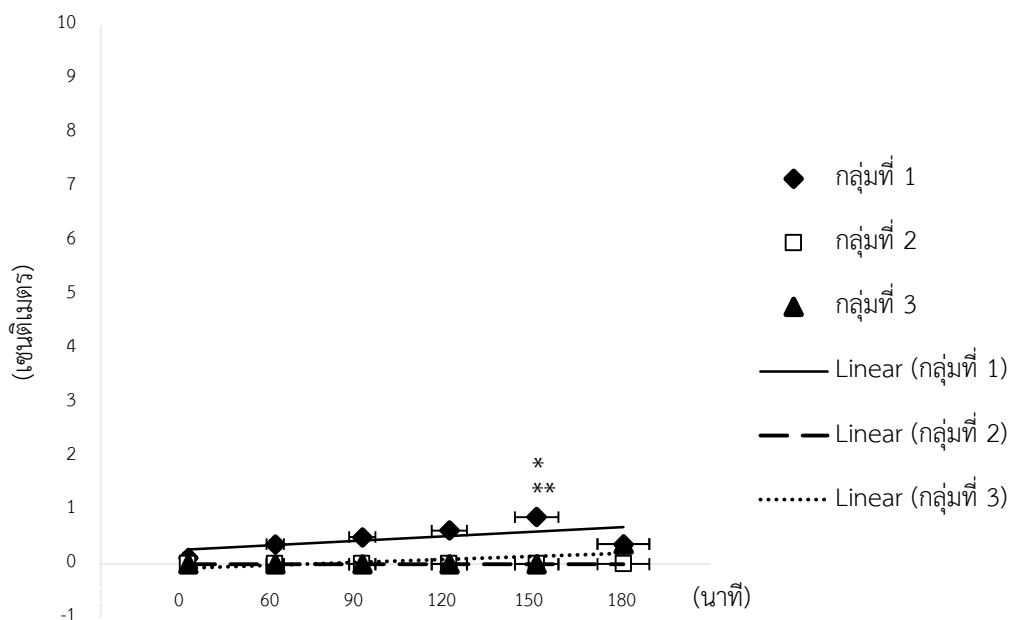
*p < .05

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันของนาทิตี 150 ของกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2

** แสดงความแตกต่างกันของนาทิตี 150 ของกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3

จากตารางที่ 31 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของอาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง) ในนาทิตีที่ 0 ของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ .12 ± .35 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตี 60 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .37 ± 1.06 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตี 90 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .50 ± .92 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตี 120 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .62 ± .91 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตี 150 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .87 ± 1.45 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร และนาทิตี 180 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .37 ± .74 กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร

ภาพที่ 21 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของของอาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



* $p < .05$

หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า มีความแตกต่างกันโดยอิทธิพลจากกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในนาทีที่ 150 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 (*) โดยมีค่า $P = .015$ และกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 (**) มีค่า P เท่ากับ .015

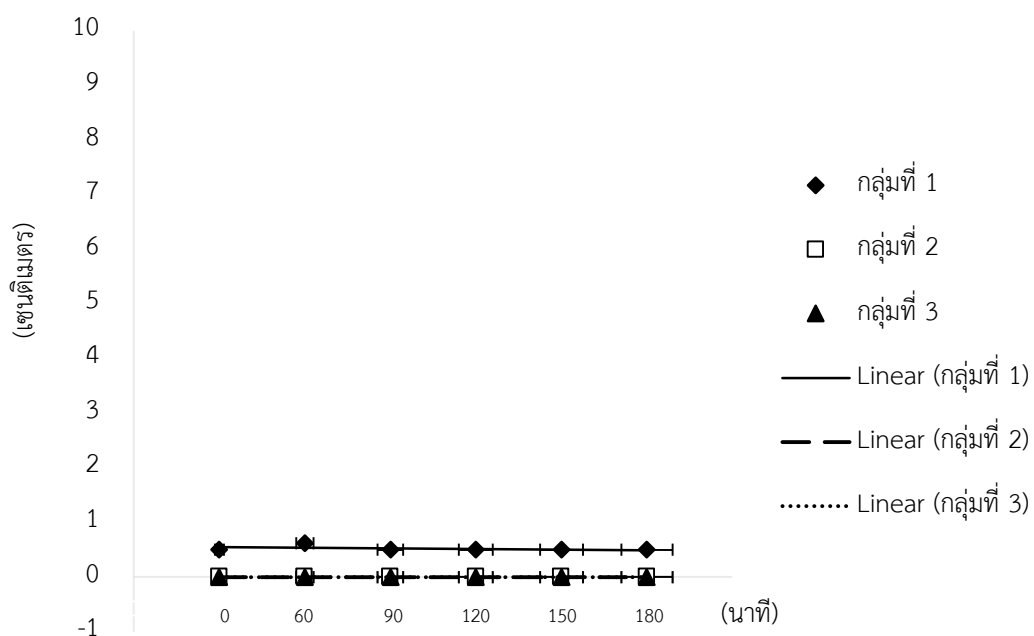
ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันแบบสองทางของอาการทางกระพาะลำไส้ (ท้องอืด) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

อาการทางกระพาะลำไส้ (ท้องอืด) (1-10 เซนติเมตร)			
นาทิตี	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF	PRECAF	PLA
	(n=8)	(n=8)	(n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	.50 ± 1.06	.00 ± .00	.00 ± .00
60	.62 ± 1.18	.00 ± .00	.00 ± .00
90	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
120	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
150	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
180	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00

*p < .05

จากตารางที่ 31 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของอาการทางกระพาะลำไส้ (ท้องอืด) ในนาทิตีที่ 0 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .50 ± 1.06 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตีที่ 60 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .62 ± 1.18 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตีที่ 90 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .50 ± .92 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตีที่ 120 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .50 ± .92 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตีที่ 150 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .50 ± 1.92 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตีที่ 180 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .50 ± .92 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร

ภาพที่ 22 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของของอาการทางกระเพาะลำไส้ (ท้องอืด) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



* $p < .05$

หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

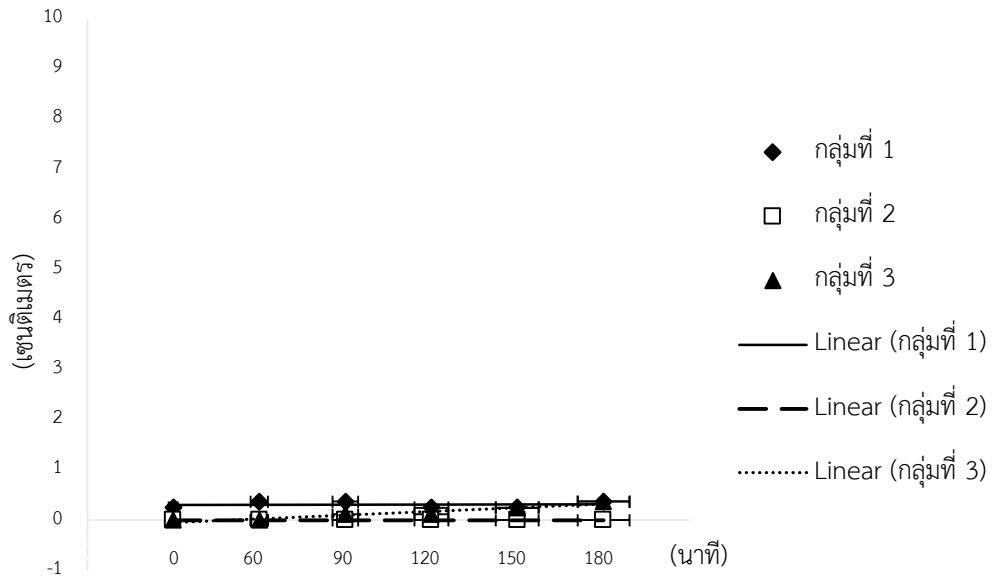
ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน แบบสองทางของอาการทางกระพาล้ำไส้ (คลื่นไส้) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3

อาการทางกระพาล้ำไส้ (คลื่นไส้) (1-10 เซนติเมตร)			
นาทิตี	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	PRE+DURCAF	PRECAF	PLA
	(n=8)	(n=8)	(n=8)
	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
0	.25 ± .46	.00 ± .00	.00 ± .00
60	.37 ± 1.06	.00 ± .00	.00 ± .00
90	.37 ± 1.06	.00 ± .00	.12 ± .35
120	.25 ± .70	.00 ± .00	.12 ± .35
150	.25 ± .70	.00 ± .00	.25 ± .70
180	.37 ± .74	.00 ± .00	.37 ± 1.06

*p < .05

จากตารางที่ 38 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของอาการทางกระพาล้ำไส้ (คลื่นไส้) ในนาทิตีที่ 0 ของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ .25 ± .46 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตีที่ 60 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .37 ± 1.06 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร นาทิตีที่ 90 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .37 ± 1.06 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .12 ± .35 เซนติเมตร นาทิตีที่ 120 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .37 ± .70 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .12 ± .35 เซนติเมตร นาทิตีที่ 150 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .25 ± .70 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .25 ± .70 เซนติเมตร นาทิตีที่ 180 กลุ่มที่ 1 เท่ากับ .37 ± .74 เซนติเมตร กลุ่มที่ 2 เท่ากับ .00 ± .00 เซนติเมตร กลุ่มที่ 3 เท่ากับ .37 ± .73 เซนติเมตร

ภาพที่ 23 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของของอาการทางกระเพาะลำไส้ (คลื่นไส้) ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3



*p < .05

หากพิจารณาแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตามอิทธิพลจากกลุ่มและอิทธิพลจากเวลา ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ตามการทดสอบของ Bonferroni พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 5 สรุปผลการได้รับคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร

ตารางที่ 20 แสดงผลการวิเคราะห์การได้รับคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน ได้แก่ ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง และระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย

สมรรถภาพความอดทน	นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย (8 คน)		
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (นาที)	126.52 ± 4.54	127.46 ± 3.72*	124.61 ± 4.58*
ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (6-20)			
นาทีที่			
0	6.37 ± 1.06	6.12 ± .35	6.37 ± 1.06
60	6.12 ± .35	6.12 ± .35	6.25 ± .70
90	8.87 ± 1.88	7.75 ± 1.66	8.25 ± 1.83
120	10.50 ± 2.26	9.50 ± 2.32	9.75 ± 2.71
150	11.37 ± 2.66	10.62 ± 2.82	10.62 ± 2.87
180	12.75 ± 2.91	11.87 ± 3.35	11.50 ± 3.29

*p < .05

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 ของระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

ตารางที่ 21 แสดงผลการวิเคราะห์การได้รับคาเฟอีนต่อการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่ ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับกรดแลคติกในเลือด ระดับน้ำตาลในเลือด ปริมาณการสูญเสียน้ำ

การตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย	นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย (8 คน)		
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด (มิลลิโมลต่อลิตร)			
นาฬิกา			
0	.023 ± .015	.013 ± .015	.018 ± .015
60	.029 ± .016	.023 ± .014	.024 ± .015
90	.034 ± .017	.034 ± .027	.032 ± .015
120	.046 ± .021	.040 ± .021	.039 ± .024
150	.055 ± .029	.054 ± .016	.040 ± .029
180	.086 ± .026*	.062 ± .011	.051 ± .018*
ระดับคาเฟอีนในเลือด (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
นาฬิกา			
0	.000 ± .000	.000 ± .000	.000 ± .000
60	.010 ± .010	.005 ± .008	.000 ± .000
90	.006 ± .003	.007 ± .009	.000 ± .000
120	.019 ± .026**	.012 ± .019***	.000 ± .000***
150	.016 ± .009****	.004 ± .008****	.000 ± .000****
180	.013 ± .007*****	.004 ± .005	.000 ± .000*****
ระดับอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)			
นาฬิกา			
0	72.37 ± 9.14	67.12 ± 8.87	76.25 ± 9.16
60	71.87 ± 13.43	66.25 ± 8.34	72.12 ± 10.50
90	130.00 ± 13.97	131.50 ± 15.58	137.87 ± 9.04
120	140.37 ± 12.12	133.37 ± 15.58	133.62 ± 9.94
150	141.12 ± 13.38	134.00 ± 17.59	135.37 ± 10.39
180	144.75 ± 16.20	139.12 ± 17.00	138.25 ± 12.45

*p < .05

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ของระดับกรดไขมันอิสระในเลือด
 ** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 120 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ของระดับคาเฟอีนในเลือด
 *** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 120 ระหว่างกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 ของระดับคาเฟอีนในเลือด
 **** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 150 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 ของระดับคาเฟอีนในเลือด
 ***** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 150 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ของระดับคาเฟอีนในเลือด
 ***** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ของระดับคาเฟอีนในเลือด

ตารางที่ 22 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์การได้รับคาเฟอีนต่อการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่ ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับกรดแลคติกในเลือด ระดับน้ำตาลในเลือด ปริมาณการสูญเสียน้ำ

การตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย	นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย (8 คน)		
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมลต่อลิตร)			
นาฬิกาที่			
0	1.32 ± .16	.87 ± .43	1.30 ± .26
60	1.52 ± .67	1.12 ± 0.45	1.18 ± .33
90	1.60 ± .66* **	.97 ± .43*	.87 ± .49**
120	1.17 ± .44	.88 ± .34	1.02 ± .59
150	1.36 ± .40	.92 ± .36	.83 ± .38
180	1.57 ± .55*** ****	1.02 ± .67***	.82 ± .43****
ระดับน้ำตาลในเลือด (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)			
นาฬิกาที่			
0	82.00 ± 15.00	77.37 ± 7.76	81.37 ± 18.53
60	85.25 ± 14.32	84.00 ± 4.53	78.25 ± 13.42
90	81.00 ± 7.30	84.25 ± 4.20	81.50 ± 7.61
120	88.12 ± 7.29	87.25 ± 2.25	86.50 ± 6.86
150	89.50 ± 8.43	88.75 ± 3.24	84.37 ± 5.12
180	92.50 ± 8.84	90.25 ± 4.02	84.50 ± 4.81
ปริมาณการสูญเสียน้ำ (มิลลิลิตร)			
	1,984.37 ± 558.52	1,937.50 ± 560.45	1,862.50 ± 450.19

*p < .05

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 90 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 ของระดับกรดแลคติกในเลือด
 ** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 90 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ของระดับกรดแลคติกในเลือด
 *** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 ของระดับกรดแลคติกในเลือด
 **** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 180 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ของระดับกรดแลคติกในเลือด

ตารางที่ 23 แสดงผลการวิเคราะห์การได้รับค่าเฟ้นต่ออาการของระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ อาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง ท้องอืด และคลื่นไส้)

อาการของระบบทางเดินอาหาร	นักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย (8 คน)		
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
อาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง) (1-10 เซนติเมตร)			
นาฬิกา			
0	.12 ± .35	.00 ± .00	.00 ± .00
60	.37 ± 1.06	.00 ± .00	.00 ± .00
90	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
120	.62 ± .91	.00 ± .00	.00 ± .00
150	.87 ± 1.45* **	.00 ± .00*	.00 ± .00**
180	.37 ± .74	.00 ± .00	.37 ± 1.06
อาการทางกระเพาะลำไส้ (ท้องอืด) (1-10 เซนติเมตร)			
นาฬิกา			
0	.50 ± 1.06	.00 ± .00	.00 ± .00
60	.62 ± 1.18	.00 ± .00	.00 ± .00
90	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
120	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
150	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
180	.50 ± .92	.00 ± .00	.00 ± .00
อาการทางกระเพาะลำไส้ (คลื่นไส้) (1-10 เซนติเมตร)			
นาฬิกา			
0	.25 ± .46	.00 ± .00	.00 ± .00
60	.37 ± 1.06	.00 ± .00	.00 ± .00
90	.37 ± 1.06	.00 ± .00	.12 ± .35
120	.25 ± .70	.00 ± .00	.12 ± .35
150	.25 ± .70	.00 ± .00	.25 ± .70
180	.37 ± .74	.00 ± .00	.37 ± 1.06

*p < .05

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 150 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 ของอาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง)

** แสดงความแตกต่างกันในนาฬิกาที่ 150 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ของอาการทางกระเพาะลำไส้ (ปวดท้อง)

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลของการได้รับคาเฟอีนที่มีต่อด้านสมรรถภาพความอดทน การตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย และอาการของระบบทางเดินอาหาร สามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

ด้านสมรรถภาพความอดทน

ระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง (Time to exhaustion; TTE)

จากการวิเคราะห์ คาเฟอีนมีผลต่อระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง

สิ่งสำคัญในการวิ่งระยะไกล คือ การที่ร่างกายมีกลไกการสังเคราะห์พลังงานให้เพียงพอสำหรับการวิ่งจนครบระยะ จากการทดสอบวิจัยนี้เห็นได้ว่าปริมาณกรดไขมันอิสระในเลือดของนาที่ที่ 150 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับประทานคาเฟอีน เพิ่มสูงขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ได้รับประทานคาเฟอีน โดยปกติการสลายกรดไขมันอิสระให้เป็นอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต หรือ ATP นั้นจะได้ปริมาณ ATP มากกว่าแหล่งสารอาหารอื่น ทำให้ร่างกายมีพลังงานสำรองอย่างเพียงพอและร่างกายสามารถหมุนเวียนพลังงานได้อย่างเสถียร ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของการวิ่งแบบทนทานดีขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับประทานคาเฟอีน (Burke, Jeukendrup, Jones, & Mooses, 2019) แต่ถ้าหากมีการรับประทานในปริมาณที่มากเกินไป เช่น ปริมาณที่มากกว่าหรือเท่ากับ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) อาจไม่เพิ่มประสิทธิภาพของการเล่นกีฬาให้ดีขึ้นได้ (Goldstein et al., 2010) เพราะอาจมีอาการอ่อนเพลีย (Marshall, 2010) เนื่องจากคาเฟอีนสามารถเพิ่มการปลดปล่อยแคลเซียม (Calcium) จากซาโคพลาสมิกรีติคิวลัม (Sarcoplasmic reticulum) ซึ่งมีหน้าที่ช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นการที่ร่างกายสูญเสียแคลเซียมที่มากเกินไปก็อาจก่อให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพความอดทนในขณะที่ทำการทดสอบได้ (Plaskett & Cafarelli, 2001) โดยผลการทดสอบในงานวิจัยนี้พบว่า นาที่ที่ 90 ถึง 180 ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับประทานคาเฟอีน 2 ครั้ง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยทุกช่วงเวลาสูงที่สุด ถึงแม้เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกในเลือด พบว่า กลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ยทุกช่วงเวลาสูงที่สุดเช่นกัน จึงอาจสอดคล้องกับเหตุผลดังกล่าว อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ต่างก็ได้รับประทานคาเฟอีนเหมือนกัน แต่มีจำนวนครั้งที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ 2 มีการรับประทานคาเฟอีนครั้งเดียว ทำให้ระดับคาเฟอีนในเลือดมีปริมาณน้อยกว่า การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยและระดับของกรดแลคติกในเลือดน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าอาจมี

การปลดปล่อยแคลเซียมที่น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 ความล้าจึงน้อยกว่า มีผลทำให้ระยะเวลาของการวิ่งจนเหนื่อยหมดแรงมากกว่ากลุ่มที่ 1 ที่รับประทานคาเฟอีน 2 ครั้ง และหากเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 3 ทั้งสองกลุ่มต่างก็มีระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรงมากกว่ากลุ่มที่ 3 ซึ่งไม่ได้รับประทานคาเฟอีนทั้งก่อนและระหว่างการทดสอบ อย่างไรก็ตาม การรับประทานคาเฟอีน 1 ครั้งก่อนการวิ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการวิ่งดีขึ้น โดยนักกีฬาสามารถวิ่งได้เป็นระยะเวลานานขึ้นถึง 2.29% เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่รับประทานคาเฟอีน และจากข้อมูลนาฬิกาที่ 120 ถึง 180 ค่าเฉลี่ยของระดับกรดไขมันอิสระในเลือดของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 สูงกว่ากลุ่มที่ 3 สะท้อนให้เห็นว่าคาเฟอีนสามารถเพิ่มการสังเคราะห์พลังงานในกลุ่มไขมันให้เป็นกรดไขมันอิสระได้ ซึ่งทำให้มีพลังงานที่ใช้ในการวิ่งที่มากกว่าการไม่รับประทานคาเฟอีน และสามารถแสดงสมรรถภาพความอดทนที่ดีกว่า กล่าวคือ คาเฟอีนสามารถกระตุ้นการเผาผลาญพลังงานเพื่อให้นักกีฬามีพลังงานที่ใช้ในการวิ่งอย่างเพียงพอ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่รับประทานคาเฟอีน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bello et al., (2019) ได้ทำการวิจัยผลของธีอะครีน (Theacrine) และคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทนในนักกีฬาฟุตบอล ต่อประสิทธิภาพของการวิ่งจนหมดแรง โดยใช้รูปแบบการทดสอบวิ่งด้วยเครื่องลูกลไฟฟ้า เป็นเวลา 90 นาที พบว่าทั้งธีอะครีนและคาเฟอีนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการวิ่งจนหมดแรงได้ 27 ถึง 38 % สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานของสมรรถภาพความอดทนในนักกีฬาเมื่อได้รับการรับประทานธีอะครีนและคาเฟอีน และมีแนวโน้มจะพบความแตกต่างกันอย่างน้อยสำคัญหากเปรียบเทียบกับกลุ่มยาหลอก อย่างไรก็ตาม มีการพบงานวิจัยของ Desbrow et al., (2012) ได้ทำการวิจัยผลการวิจัยเปรียบเทียบการใช้คาเฟอีน 3 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) และ 6 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ต่อสมรรถภาพความอดทน พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเวลาในการวิ่งของการใช้คาเฟอีน 3 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) มีประสิทธิภาพมากกว่า ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ปริมาณคาเฟอีนในเลือดเพียงเล็กน้อยสามารถเพิ่มสมรรถภาพความอดทนได้ อีกทั้งหากระดับคาเฟอีนในเลือดสูงขึ้นอาจเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดผลข้างเคียงที่เพิ่มขึ้นได้ (Nawrot et al., 2003) เช่น ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับทางเดินอาหาร ตับ ไต และกล้ามเนื้อ (James, 1991; Stavric, 1998)

ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย (Rate of perceived exertion; RPE)

จากการวิเคราะห์ คาเฟอีนไม่มีผลต่อการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย

ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ได้แก่ ความล้าจากระบบประสาทส่วนกลาง ความตึงเครียดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ การแลกเปลี่ยนก๊าซขณะออกกำลังกาย ระดับกรดแลคติกในเลือด และปริมาณพลังงานขณะออกกำลังกาย (Joyner & Casey, 2015) ผลจากการทดสอบงานวิจัยนี้ พบว่า ระดับคาเฟอีนที่สูงขึ้นมีผลต่อการกระตุ้นกรดไขมันอิสระให้เป็นพลังงานในปริมาณสูงขึ้น ทำ

ให้นักกีฬามีพลังงานเพียงพอต่อการวิ่ง โดยพบว่า กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่รับประทานคาเฟอีนถึง 2 ครั้ง มีระดับของกรดไขมันอิสระในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างไรก็ตาม การทดสอบเป็นการวิ่งด้วยระดับความหนัก ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) ซึ่งเป็นระดับความหนักที่นักกีฬาสามารถวิ่งต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลาสั้น จึงทำให้ระดับกรดแลคติกในเลือดตั้งแต่เริ่มการทดสอบนาทีที่ 0 ถึง 180 มีค่าระดับกรดแลคติกไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งเป็นระดับที่ร่างกายสามารถทนต่อความล้าที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้น แม้ว่ากลุ่มที่ได้รับคาเฟอีนจะมีการสังเคราะห์กรดไขมันอิสระที่ดีกว่า แต่ด้วยความหนักที่ใช้ในการทดสอบเป็นความหนักระดับปานกลาง กรดแลคติกในเลือดจึงมีปริมาณไม่สูงมาก จึงอาจเป็นเหตุผลของการไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Laurence, Wallman and Guelfi (2012) ที่ได้ทำการทดสอบผลของการรับประทานคาเฟอีนปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) เปรียบเทียบกับยาหลอกในกลุ่มนักกีฬาที่บริโภคคาเฟอีนเป็นประจำ โดยให้รับประทานคาเฟอีน 60 นาที ก่อนเข้ารับการทดสอบปั่นจักรยาน พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการใช้ออกซิเจน และอัตราการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยและอัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในงานวิจัยของ Nabuco et al., (2021) ได้ศึกษาผลของการบ้วนปากด้วยคาเฟอีนต่อเวลาในการปั่นจักรยานจนเหนื่อยหมดแรงในนักกีฬาปั่นจักรยานชาย โดยมีการประเมินการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยขณะการทดสอบร่วมด้วย การทดสอบปั่นจักรยานใช้ระดับของความหนักที่ 75% ของพลังแอโรบิกสูงสุด (Peak aerobic power) โดยให้นักกีฬาบ้วนปากด้วยน้ำปริมาณ 25 มิลลิลิตรผสมกับสารคาเฟอีน 85 มิลลิกรัม ทุก 5 นาที พบว่า การบ้วนคาเฟอีนไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย

ด้านการตอบสนองสารชีวเคมีในร่างกาย

ระดับกรดไขมันอิสระในเลือด (Blood free fatty acids level)

จากการวิเคราะห์ คาเฟอีนมีผลต่อระดับไขมันอิสระในเลือด

คาเฟอีนมีสารเมตาโบไลต์ 3 ชนิด คือ พาราแซนทีน (Paraxanthine) ทีโอฟีลลีน (Theophylline) และทีโอโบรมีน (Theobromine) มีฤทธิ์ที่สามารถกระตุ้นการสลายสารอาหาร ได้แก่ ไขมันและคาร์โบไฮเดรตในร่างกายให้เป็นพลังงาน (Leelarungrayub, Sallepan and Charoenwattana, 2011) โดยเฉพาะการสลายไขมัน (Dean, Braakhuis, & Paton, 2009) ให้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล (DL, GP, & WJ, 1978; Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983) เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการใช้พลังงานในนักกีฬาประเภททนทาน (Potgieter, Wright, & Smith, 2018) จากการทดสอบในงานวิจัยนี้ พบว่า นักกีฬามีสถิติการแข่งขันฮาล์ฟมาราธอนในสนาม

จริงประมาณ 109.37 ± 9.72 นาที จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นระยะเวลาในการทดสอบวิ่งของงานวิจัย โดยกำหนดให้ผู้ร่วมวิจัยวิ่ง 120 นาทีขึ้นไป การให้รับประทานเครื่องดื่มคาเฟอีนก่อน 60 นาที เนื่องจากการสลายตัวเป็นอนุพันธ์สารเมตาโบไลต์ของคาเฟอีนจะสูงที่สุดใช้เวลาประมาณ 60 นาที และความเข้มข้นจะค่อยๆ สลายตัวลดลง โดยความเข้มข้นของสารเมตาโบไลต์ของคาเฟอีนในเลือดที่สูงจะส่งผลให้เกิดการสลายตัวไขมันให้เป็นการครดไขมันอิสระได้ดี จึงพบว่า นาทีที่ 120 ถึง 180 ค่าเฉลี่ยของระดับกรดไขมันอิสระในเลือดของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 สูงกว่ากลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ความเข้มข้นของคาเฟอีนในเลือดมีค่าเฉลี่ยสูงแม้จะค่อยๆ ลง แต่ก็ยังตรวจพบตลอดระยะเวลาของการวิ่งจนสิ้นสุดการทดสอบ และพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในนาทีที่ 180 สะท้อนให้เห็นว่าคาเฟอีนสามารถเพิ่มการสังเคราะห์พลังงานในกลุ่มไขมันให้เป็นการครดไขมันอิสระได้มากกว่าการไม่รับประทานคาเฟอีน โดยเฉพาะ กลุ่มที่ 1 มีระดับของกรดไขมันอิสระสูงที่สุด เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ได้รับประทานคาเฟอีน 2 ครั้ง รองลงมาคือกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับประทานคาเฟอีน 1 ครั้ง และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีระดับกรดไขมันอิสระต่ำสุดเนื่องจากไม่ได้รับประทานคาเฟอีนทั้งก่อนและระหว่างการทดสอบ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า ปริมาณคาเฟอีนเพิ่มสูงขึ้น สามารถส่งผลให้มีการสังเคราะห์กรดไขมันอิสระเพื่อใช้เป็นพลังงานในการวิ่งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการวิ่งของกลุ่มที่รับประทานคาเฟอีนจึงดีกว่ากลุ่มที่ไม่รับประทานคาเฟอีน (Potgieter, Wright, & Smith, 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Olcina et al. (2012) ได้ทำการศึกษาผลของคาเฟอีนต่ออัตราการเผาผลาญไขมันในนักปั่นจักรยานและนักไตรกีฬา ทดสอบด้วยการปั่นจักรยานโดยการเพิ่มความหนักขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสูงสุด โดยให้รับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนการทดสอบ ผลการทดลองพบว่า คาเฟอีนมีความสัมพันธ์กับการเผาผลาญไขมันในระดับที่สูงขึ้นขณะออกกำลังกาย โดยมีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าการรับประทานคาเฟอีนสามารถเสริมสร้างประสิทธิภาพการออกกำลังกายให้ดีขึ้นได้ ทั้งนี้ การรับประทานคาเฟอีนระหว่างการวิ่งหรือการได้รับประทานคาเฟอีนที่มากเกินไปอาจก่อให้เกิดการรบกวนต่อระบบทางเดินอาหาร ตับไต และกล้ามเนื้อ (James, 1991; Stavric, 1998) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ พบข้อมูลว่า การที่นักกีฬาได้รับประทานคาเฟอีนระหว่างการวิ่ง จะมีอาการของระบบทางเดินอาหาร คือ ปวดท้อง โดยรู้สึกทันทีหรือภายใน 5 นาที ซึ่งอาจเป็นหนึ่งเหตุผลที่สามารถนำมาประเมินร่วมกับ เหตุผลที่อธิบายไว้ก่อนหน้าว่า หากร่างกายมีระดับของคาเฟอีนในเลือดสูง จะเพิ่มการปลดปล่อยแคลเซียมมากขึ้น จนเกิดอาการล้าของกล้ามเนื้อ รวมถึงมีการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติกในเลือด ซึ่งอาจมีผลต่อประสิทธิภาพของการวิ่ง โดยพบว่า การรับประทานคาเฟอีน 1 ครั้ง (ก่อนการวิ่ง) ให้ผลดีกว่าการรับประทาน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่างการวิ่ง) ดังนั้น การรับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที และรับประทานระหว่างการวิ่งในการวิ่งที่นาทีที่ 45 ในปริมาณ 3

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) อาจก่อนให้เกิดความเสี่ยงต่อระบบทางเดินอาหาร ตับ ไต และกล้ามเนื้อ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า การวิ่งที่ใช้ระยะเวลาในการวิ่งประมาณ 120 นาที ควรรับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที เพียง 1 ครั้ง ก่อนการวิ่งอาจเหมาะสมที่สุด

ระดับคาเฟอีนในเลือด (Blood caffeine level)

จากการวิเคราะห์ ระดับคาเฟอีนมีผลต่อสารชีวเคมีในร่างกาย

เมื่อคาเฟอีนเข้าสู่ร่างกายจะสามารถเริ่มดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ในช่องปากบริเวณ กระพุ้งแก้มเข้าสู่ระบบหลอดเลือด สารเมตาโบไลต์ของคาเฟอีนสามารถตรวจพบในพลาสมา ได้ตั้งแต่ นาทีที่ 15 และระดับความเข้มข้นของสารดังกล่าวจะสูงขึ้นที่สุดในเวลาประมาณนาทีที่ 60 (Goldstein et al., 2010) และระดับความเข้มข้นจะค่อยๆ ลดลงและหมดไปภายใน 1.5 ถึง 9.5 ชั่วโมง (Institute of Medicine, 2001) อนึ่ง ระยะเวลาการลดลงของระดับของสารเมตาโบไลต์จะช้า หรือเร็วนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านพันธุกรรม ลักษณะทางสรีรวิทยา และสภาวะแวดล้อม (Institute of Medicine, 2001) จากการทดสอบในงานวิจัยนี้ พบว่า กลุ่มที่ 1 มีระดับคาเฟอีนในเลือดสูงที่สุด เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ได้รับประทานคาเฟอีน 2 ครั้ง รองลงมาคือกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับประทานคาเฟอีน 1 ครั้ง และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มไม่มีระดับคาเฟอีนเนื่องจากไม่ได้รับประทานคาเฟอีนทั้งก่อน และระหว่างการทดสอบ อีกทั้งพบว่า ระดับคาเฟอีนมีผลต่อระดับกรดไขมันอิสระในเลือด โดยพบว่าการรับประทานคาเฟอีน พบว่า สามารถเพิ่มการสังเคราะห์กรดไขมันอิสระให้สูงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ นาทีที่ 120 ถึง 180 สอดคล้องกับ Olcina et al. (2012) ที่อธิบายว่า คาเฟอีนมีความสัมพันธ์กับการเผาผลาญไขมันในระดับที่สูงขึ้นขณะออกกำลังกาย และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการออกกำลังกายได้ และสอดคล้องกับ Potgieter, Wright, and Smith (2018) ได้ทำการวิจัยผลของคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน ในนักกีฬาไตรกีฬา โดยใช้คาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) โดยให้รับประทาน 60 นาที ก่อนการทดสอบการแข่งขันไตรกีฬา มีการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในพลาสมา ผลการทดลองพบว่า ระดับความเข้มข้นของคาเฟอีนในพลาสมา มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพความอดทน โดยเวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำลดลง 3.7% เวลาในการปั่นจักรยานลดลง 1.1% และเวลาในการวิ่งลดลง 0.7%

ระดับกรดแลคติกในเลือด (Blood lactic acid level)

จากการวิเคราะห์ คาเฟอีนมีผลต่อระดับกรดแลคติกในเลือด

ในการแข่งขันวิ่งแต่ละครั้ง นักกีฬาต่างก็มีเป้าหมายในการที่จะสามารถทำสถิติเวลาให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น นักกีฬาจึงจำเป็นต้องวิ่งทำเวลาเข้าสู่เส้นชัยให้เร็วที่สุด การที่นักกีฬาต้องวิ่งและเร่งทำ

เวลาให้เร็วขึ้น ในทางสรีรวิทยาเป็นการที่ระบบกล้ามเนื้อเมื่อมีการใช้งานซ้ำๆ พร้อมกับเพิ่มระดับความหนักที่ล้นน้อยอย่างต่อเนื่อง แม้ไม่ใช้การเพิ่มความหนักขึ้นแบบทันทีทันใด แต่เป็นการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้ระดับกรดแลคติกในเลือดเพิ่มขึ้นด้วย (Sjodin & Jacobs, 1981) โดยการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติกนั้นเป็นผลจากความไม่สมดุลของระบบหมุนเวียนกรดแลคติกที่เกิดจากกระบวนการไกลโคเจโนไลซิส (Glycogenolysis) และหากร่างกายมีการสะสมของปริมาณกรดแลคติกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร (Ghosh, 2004) จะก่อให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อ (Allen & Westerblad, 2004) ประสิทธิภาพของการวิ่งก็จะลดลงตามไปด้วย (Cairns, 2006) เพื่อให้ นักกีฬา รักษาสมรรถภาพความอดทนไว้ให้ยาวนานที่สุด กลไกของร่างกายจะต้องมีกระบวนการหมุนเวียนพลังงานในระบบแอโรบิกอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของระดับกรดแลคติกในกระแสเลือดให้อยู่ในระดับไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร ให้นานที่สุด จากการทดสอบวิจัยนี้ พบว่า ระดับกรดแลคติกในเลือดมีความสัมพันธ์กับระดับคาเฟอีนในเลือด โดยตั้งแต่วันที่ 60 ถึง 180 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของกลุ่มที่ 1 ที่มีการรับประทานคาเฟอีน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่าง) มีค่าเฉลี่ยของทุกช่วงเวลาสูงที่สุด สะท้อนให้เห็นว่า ฤทธิ์ของคาเฟอีนสามารถกระตุ้นการปลดปล่อยแคลเซียมจากซาโคพลาสมิกรีติคิวลัม (Sarcoplasmic reticulum) ซึ่งมีหน้าที่ช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวมากยิ่งขึ้น จนก่อนให้เกิดความล้าที่มากขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ปริมาณของกรดแลคติกในเลือดในทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร จึงไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของการวิ่งมากนัก อีกทั้ง การเสริมคาเฟอีนสามารถกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเผาผลาญพลังงานในกลุ่มไขมันให้สูงขึ้นเพื่อเป็นพลังงานได้ดี และทำให้ร่างกายมีภาวะตื่นตัว (Powers, Byrd, Tulley, & Callender, 1983) ซึ่งเป็นผลดีต่อการเล่นกีฬาเป็นกีฬาทนทาน ดังนั้น หากต้องการใช้เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางการกีฬา ควรใช้ในปริมาณที่เหมาะสม อนึ่ง การทดสอบวิ่งในวิจัยนี้ เป็นการทดสอบด้วยความหนัก ณ จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) ซึ่งเป็นความหนักระดับปานกลาง ร่างกายจึงหมุนเวียนกรดแลคติกเข้าสู่ตับเพื่อย้อนกลับมาเป็นน้ำตาลกลูโคสได้อย่างสมดุล การเกิดภาวะการสะสมของกรดแลคติกในเลือดจึงไม่สูงมาก โดยพบว่ามีค่าไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร ตลอดช่วงเวลานาทีที่ 0 ถึง 180 สอดคล้องกับ Karapetian, Engels, Gretebeck and Gretebeck (2012) ได้ทำการวิจัยผลของคาเฟอีนต่อกรดแลคติกของนักเรียนชายและหญิง โดยให้รับประทานคาเฟอีน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนการทดสอบปั่นจักรยานควบคู่กับการใส่หน้ากากเพื่อวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของทางเดินหายใจ โดยมีการเพิ่มความหนักขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีความเข้มข้นของเริ่มต้นที่ 25 วัตต์ และเพิ่มทีละ 25 วัตต์ ขึ้นทุก 3 นาที โดยให้อาสาสมัครรักษาความเร็วไว้ที่ 50 รอบต่อนาที จนหมดแรง ผลการทดลองพบว่า การรับประทานคาเฟอีนก่อนการทดสอบมีผลทำให้ระดับกรดแลคติกในเลือดเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มยาหลอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าอัตราการหายใจสูงขึ้นตั้งแต่ขณะพัก

ระดับน้ำตาลในเลือด (Blood glucose level)

จากการวิเคราะห์ คาเฟอีนไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารตั้งต้นสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูง และประสิทธิภาพของการสลายคาร์โบไฮเดรตนั้น จะแปรผันตามระดับความหนักของการออกกำลังกายที่เกิดขึ้น (Mul, Stanford, Hirshman, & Goodyear, 2015) การสูญเสียสมดุลคาร์โบไฮเดรต มีผลที่ทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าระหว่างการฝึกหรือทดสอบสมรรถภาพความอดทน (Hultman, 1989) ในการทดสอบวิจัยนี้ เป็นการวิ่งด้วยระดับความหนัก ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) พบว่า ทุกช่วงเวลาของการทดสอบตั้งแต่วันที่ 0 ถึง 180 ระดับน้ำตาลในเลือดมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงทั้งกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 โดยมีค่าเฉลี่ยแต่ละช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน ซึ่งให้เห็นว่า คาเฟอีนไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด สอดคล้องกับ Laurent et al. (2000) ที่อธิบายว่า การรับประทานคาเฟอีน 90 นาที ก่อนการฝึกสมรรถภาพความอดทนด้วยความหนัก 65 % ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ส่งผลให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการสูญเสียไกลโคเจนในกล้ามเนื้อของนักกีฬา ซึ่งการสูญเสียไกลโคเจนในกล้ามเนื้อสามารถประเมินได้จากระดับของสารเบต้าเอนโดฟิน (Beta-endorphins) ในเลือด เนื่องจากสารดังกล่าว มีบทบาทในการเผาผลาญกลูโคส ทั้งขณะพักและขณะออกกำลังกาย เพราะระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายจะสัมพันธ์กับค่าเบต้าเอนโดฟิน เช่น ออกกำลังกายหนักจนกล้ามเนื้อตึงเครียด มีอาการล้า ระดับของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลง ร่างกายจะปลดปล่อยเบต้าเอนโดฟินเพิ่มขึ้น เพื่อให้ร่างกายเพิ่มความพยายามในเสริมสร้างความอดทน ณ ขณะนั้น เพื่อร่างกายให้สามารถออกกำลังกายต่อไปได้ (Jamurtas et al., 2022) สำหรับการทดสอบวิจัยนี้ ทุกช่วงเวลาไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดของทั้ง 3 กลุ่ม จึงอาจสอดคล้องกับเหตุผลดังกล่าว และมีงานวิจัยของ Farhadi, Hadi and Sabegh (2011) ได้ทำการวิจัยผลของคาเฟอีนต่อกลูโคสในเลือดในนักวิ่งชาย โดยการทดสอบวิ่ง 1,500 เมตร โดยใช้คาเฟอีนในปริมาณ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ผลการทดลองพบว่า ไม่พบความแตกต่างกรดแลคติก และกลูโคสในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณการสูญเสียน้ำ (Fluid loss)

จากการวิเคราะห์ คาเฟอีนไม่มีผลต่อปริมาณการสูญเสียน้ำ

ปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างการออกกำลังกาย มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระยะเวลาในการออกกำลังกาย ความหนักในการออกกำลังกาย ภาวะอุณหภูมิในร่างกาย และพลังงานขณะออกกำลังกาย ไม่เพียงพอ (Maughan & Shirreffs, 2010) ในการทดสอบวิจัยนี้ ใช้ปริมาณการสูญเสียน้ำในการประเมินความเหมาะสมของปริมาณคาเฟอีนที่ได้รับประทาน เพราะการสูญเสียน้ำ เช่น การขับปัสสาวะ เป็นอาการไม่พึงประสงค์ที่สะท้อนว่า มีการที่ได้รับคาเฟอีนในปริมาณมากเกินไป

(James and Paull, 1985) โดยได้คำนวณปริมาณคาเฟอีนในผงกาแฟ โดยให้ผู้ร่วมวิจัยรับประทาน ก่อนทำการทดสอบ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) และรับประทานระหว่างการทดสอบ ในปริมาณคาเฟอีน 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ซึ่งปริมาณดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่ม สัมผัสรสชาติกรดไขมันให้เป็นพลังงานเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของนักวิ่ง และไม่พบความ แตกต่างของปริมาณการสูญเสียน้ำทั้งกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ซึ่งให้เห็นว่า ปริมาณคาเฟอีนที่ นักกีฬาได้รับถือเป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการเสริมสร้างสมรรถภาพความอดทน สอดคล้องกับ Killer, Blannin and Jeukendrup (2014) ได้ทำการวิจัยผลของคาเฟอีนต่อภาวะขาดน้ำในชาย 50 คน รูปแบบของการวิจัยเป็นการดื่มคาเฟอีนในปริมาณ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) เป็นเวลา 3 วัน เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำเปล่า ผลการทดลองพบว่า ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับ Eschbach (2001) ได้ทำการวิจัยผลของคาเฟอีนต่อสมรรถภาพ ความอดทนในนักกีฬาปั่นจักรยานและนักไตรกีฬา โดยมีการศึกษาผลของระดับคาเฟอีนต่อการ เปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีในเลือดร่วมด้วย โดยใช้คาเฟอีนปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ให้นักกีฬารับประทาน 180 นาที ก่อนการทดสอบการปั่นจักรยาน จากนั้นรับประทาน ครั้งที่สองในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) ในระหว่างการทดสอบในนาที่ที่ 60 โดยใช้การทดสอบเป็นการปั่นจักรยานเป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของระดับกรดไขมัน อิสระในกลุ่มที่รับประทานคาเฟอีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติของปริมาณการสูญเสียน้ำ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียน้ำเป็นเพียงหนึ่งใน ปัจจัยที่ใช้ประเมินความเหมาะสมของปริมาณคาเฟอีนที่ใช้กับนักกีฬา แต่ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ควร นำมาพิจารณาด้วย เช่น อาการทางกระเพาะลำไส้

ด้านอาการของระบบทางเดินอาหาร

อาการทางกระเพาะลำไส้ (Gastrointestinal symptom)

จากการวิเคราะห์ คาเฟอีนมีผลต่ออาการกระเพาะลำไส้

เครื่องดื่มคาเฟอีนในการทดสอบวิจัยนี้ ได้จากการใช้ผงกาแฟผสมกับน้ำเปล่า (กาแฟดำ) ซึ่งผู้ ร่วมวิจัยอาจมีความคุ้นชิน เนื่องจากกาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ดื่มที่นักกีฬาดื่มเป็นประจำในชีวิตประจำวัน ใน การทดลองการวิจัย การดื่มก่อนการวิ่ง นับตั้งแต่วันที่ 0 ถึง 60 พบว่า ไม่มีการรบกวนของระบบ ทางเดินอาหารในนักกีฬา แต่การให้ดื่มระหว่างการวิ่ง พบว่า มีการรบกวนต่อระบบทางเดินอาหาร โดยขณะทำการทดสอบในกลุ่มที่ 1 ที่มีการให้รับประทานคาเฟอีนก่อนและระหว่างการวิ่ง นักกีฬามี อาการปวดท้อง โดยรู้สึกทันทีหรือภายใน 5 นาที หลังจากดื่มเครื่องดื่มคาเฟอีนระหว่างการวิ่ง หาก เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ที่รับประทานคาเฟอีนเพียง 1 ครั้งก่อนการทดสอบ และกลุ่มที่ 3 ไม่ได้ รับประทานคาเฟอีนทั้งก่อนและระหว่างการวิ่ง พบว่า ทั้งสองกลุ่มไม่มีอาการดังกล่าว อย่างไรก็ตาม

อาการปวดท้อง มีแนวโน้มของระดับการรบกวนที่ไม่สูงมาก นักกีฬาสามารถทำการทดสอบจนครบกำหนดเวลาได้ สอดคล้องกับ (Boekema et al., 2010) ที่ได้อธิบายว่า ผลของการรับประทานคาเฟอีนหรือคาเฟอีนต่อระบบทางเดินอาหาร โดยสามารถแสดงอาการทางกระเพาะลำไส้ได้ภายใน 4 นาที หลังจากรับประทาน เช่น กระตุ้นการหลั่งกรดในกระเพาะ อันเป็นสาเหตุของอาการเสียดท้อง รวมถึงมีการกระตุ้นการทำงานของลำไส้ใหญ่ในบางคน การทดสอบวิจัยนี้ พบว่ากลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของอาการปวดท้องในนาทีที่ 150 สูงที่สุด ขณะที่กลุ่มที่ 2 ไม่พบอาการปวดท้อง เนื่องจากกลุ่มที่ 2 ไม่ได้รับประทานเครื่องดื่มกาแฟระหว่างการทดสอบ ซึ่งให้เห็นว่า การรับประทานคาเฟอีนระหว่างการวิ่งนั้นมีผลต่ออาการกระเพาะลำไส้ อย่างไรก็ตาม ผู้ร่วมทดสอบสามารถทนกับการรบกวนดังกล่าว และสามารถวิ่งจนครบระยะได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Poire et al., (2019) ได้ศึกษาผลของคาเฟอีนต่อความแม่นยำในการเสิร์ฟเทนนิสในนักกีฬาเทนนิส และมีการประเมินความรู้สึกปวดท้องร่วมด้วย โดยให้รับประทานคาเฟอีนในปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนทำการทดสอบเสิร์ฟลูกเทนนิส ผลการทดสอบ พบว่า คาเฟอีนมีผลต่อความแม่นยำและประสิทธิภาพของการเสิร์ฟลูกเทนนิส และพบว่าคาเฟอีนทำให้นักกีฬามีความรู้สึกปวดท้องมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการเสิร์ฟเทนนิส ดังนั้น หากพิจารณาอาการของกระเพาะลำไส้ของการรับประทานคาเฟอีนก่อนการวิ่ง 60 นาที ไม่พบอาการแสดงที่เป็นการรบกวนของระบบทางเดินอาหาร อีกทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการวิ่งให้ดียิ่งขึ้น อาจกล่าวได้ว่า นักกีฬาสามารถดื่มเครื่องดื่มคาเฟอีนก่อนการวิ่งได้

จากการพิจารณาผลการวิจัย

คาเฟอีนมีผลต่อระบบสรีรวิทยา กล่าวคือ สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์ไขมันให้เป็นกรดไขมันอิสระในเลือดให้มีระดับสูงขึ้น สะท้อนให้เห็นว่านักกีฬามีพลังงานในการวิ่งที่มากขึ้น และมีสมรรถภาพความอดทนที่ดี โดยมีระยะเวลาของการวิ่งที่นานมากขึ้น คือ การรับประทานคาเฟอีน 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (mg/kg^{-1}) 60 นาที ก่อนการวิ่ง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการวิ่งให้นานขึ้นถึง 2.29% การทดสอบวิ่งทนทานด้วยความหนักระดับปานกลาง ร่างกายสามารถหมุนเวียนพลังงานอย่างเหมาะสม และระดับกรดแลคติกในเลือดไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร จึงไม่พบความแตกต่างของระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยและระดับน้ำตาลในเลือด แต่พบว่า กลุ่มที่ได้รับประทานคาเฟอีนมีระดับกรดแลคติกในเลือดสูงกว่าทุกกลุ่ม การดื่มเครื่องดื่มคาเฟอีนระหว่างการวิ่งมีผลทำให้เกิดการรบกวนอาการทางกระเพาะลำไส้ แต่เป็นการรบกวนเพียงเล็กน้อย โดยนักกีฬายังสามารถวิ่งจนครบระยะเวลาและไม่พบปริมาณการสูญเสียน้ำ การใช้คาเฟอีนในปริมาณที่เหมาะสม โดยการเปรียบเทียบกับน้ำหนักตัว และวางแผนการรับประทานให้สอดคล้องกับกลไกการออกฤทธิ์ของคาเฟอีน สามารถเพิ่มสมรรถภาพความอดทนในนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนได้

ข้อจำกัดของการวิจัย

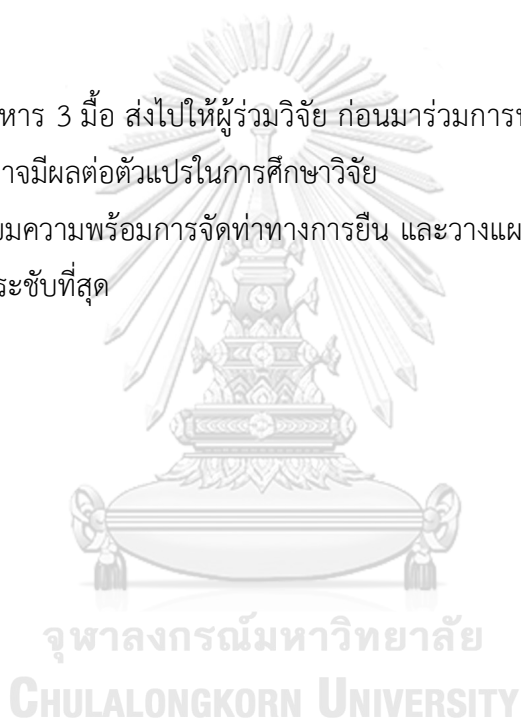
1. การขอความร่วมมือให้ผู้ร่วมวิจัยควบคุมการรับประทานอาหารก่อนมาร่วมทำการทดสอบ ไม่สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากผู้ร่วมวิจัยบางท่านไม่สะดวกด้วยปัจจัยบางประการ เช่น การจัดเตรียมอาหาร และความเร่งรีบในการดำเนินชีวิตประจำวัน

2. ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเลือด คือ ต้องให้ผู้ร่วมวิจัยยืนนิ่งขาบนขอบของลู่วิ่งอย่างมั่นคง ก่อนทำการเก็บตัวอย่างเลือด โดยทางสรีรวิทยาแล้วเปรียบเสมือนเป็นการที่ระบบต่างๆ ของร่างกายได้หยุดพักขณะทำการทดสอบวิ่ง ในขั้นตอนดังกล่าวอาจมีระยะเวลาไม่เท่ากันในแต่ละคน จึงส่งผลให้การเก็บตัวอย่างเลือดอาจมีการคาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจัดอาหาร 3 มื้อ ส่งไปให้ผู้ร่วมวิจัย ก่อนมาร่วมการทดสอบในแต่ละครั้ง เนื่องจากอาหารและเครื่องดื่มอาจมีผลต่อตัวแปรในการศึกษาวิจัย

2. มีการเตรียมความพร้อมการจัดท่าทางการยืน และวางแผนเวลาในการเก็บตัวอย่างเลือดแต่ละครั้งให้สั้นและกระชับที่สุด



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดให้สารกาเฟอีนเป็นโคคาอีนที่ควบคุมและแต่งตั้งพนักงานเจ้าหน้าที่ควบคุมโคคาอีน พ.ศ. 2545. (2545, 6 ธันวาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*, 119 (ตอนที่ 120 ก), 9-11.
- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, กรมพลศึกษา. (2562). *คู่มือแบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายของเด็ก เยาวชนและประชาชนไทย*. สืบค้นจาก <https://www.dpe.go.th/manual-files-411291791796>
- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, การกีฬาแห่งประเทศไทย (2563). *สารวิทยาศาสตร์การกีฬา ฉบับที่ 3 ประจำปี 2563*. สืบค้นจาก <https://www.sat.or.th/wp-content/uploads/2020/10/3-SPORT-Book-3.pdf>
- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2562). *คู่มือการจัดกิจกรรมวิ่งประเภทถนนของประเทศไทย*. สืบค้นจาก https://www.mots.go.th/download/fdf/run_manual.pdf
- กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2560). ปกิณกะ จริยธรรมการวิจัยในคน. *วิทยาสารทันตสาธารณสุข*, 22(2), 70-76.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมวิชาการเกษตร. (2563). *พันธุ์แนะนำกาแฟ:โรบัสต้า*. สืบค้นจาก <https://www.doa.go.th/hc/chumphon/?p=632>
- กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, สำนักงานวิชาสถิติแห่งชาติ. (2547). *การเลือกใช้ตัวทดสอบสถิติ*. สืบค้นจาก <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/know/estat04.pdf>
- กระทรวงสาธารณสุข, กรมอนามัย. (2548). *คู่มือการบันทึกและประเมินการบริโภคอาหารทั่วไปและอาหารที่เป็นแหล่งแคลเซียม*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- กระทรวงสาธารณสุข, กรมอนามัย. (2562). *การประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย PAR-Q+2019 Thai (Physical Activity Readiness Questionare)*. สืบค้นจาก <http://doh.hpc.go.th/bs/issueDisplay.php?id=186&category=A04&issue=Physical%20Activity>
- กองบริการระบบคอมพิวเตอร์, สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผลกรุงเทพมหานคร. (2565). *ระบบคัดกรอง COVID-19 ของกรุงเทพมหานคร*. สืบค้นจาก <http://www.bangkok.go.th/cssd/page/sub/18508/title/0/info/195267/>
- ข่าวไทยพีบีเอส. (2559, ธันวาคม 11). ยอดเงินบริจาค "ตูน บอดี้สแลม" วิ่งระดมทุนให้ รพ.บางสะพานทะลุ 70 ล้านบาท. *ไทยพีบีเอส*. สืบค้นจาก <https://news.thaipbs.or.th/content/258600>

- ข่าวในประเทศ. (2563, ธันวาคม 20). 'ปีก-ณัฐวุฒิ'คว้าแชมป์ฮาล์ฟมาราธอน'บางแสน 21-2020' งานวิ่ง
ไทยหนึ่งเดียวมาตรฐานโลก. *แนวหน้า*. สืบค้นจาก <https://www.naewna.com/local/539986>
- ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล. (2562). *การประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย PAR-Q+2019 Thai*
(Physical Activity Readiness Questionare). สืบค้นจาก <http://doh.hpc.go.th/bs/issueDisplay.php?id=186&category=A04&issue=Physical%20Activity>
- ณัฐกุล แสงสว่าง และณภัทรวรรณ ธนาพงษ์อนันท์. (2557). คาเฟอีนและความสามารถทางการกีฬา.
วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 33(6), 746-754.
- ณัฐดนัย เนียมทอง. (2561). *ระบบพลังงานในร่างกายมนุษย์*. สืบค้นจาก
<https://www.scimath.org/article-biology/item/7827-2018-01-10-08-65-63>
- ถนอมศักดิ์ เสนาคำ. (2546). ผลของการได้รับคาเฟอีนก่อนการออกกำลังกายระยะยาวแบบหนักสลับ
เบาที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทาน. *วารสารคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*,
6(1-2), 101-111.
- ทรงศักดิ์ รักพ่วง. (2562). การวิ่งมาราธอนไทย : เครื่องข่ายทางสังคมและความท้าทายในศตวรรษที่ 21.
วารสารร่วมพฤษ มหาวิทยาลัยเกริก, 37(1), 9-12.
- ไทยรัฐสปอร์ต. (2564, สิงหาคม 8). ไร้เทียมทาน "คิปปิโซเก" มาตามคาด ผงาดคว้าชัยวิ่งมาราธอน
ชาย โอลิมปิก 2020. *ไทยรัฐ*. สืบค้นจาก
<https://www.thairath.co.th/sport/worldsport/2160871>
- ธนวุฒิ แสงบุญ. (2550). *ผลของคาเฟอีนที่มีต่อเวลาปฏิบัติกิจและความเร็วของนักวิ่งระยะสั้น*
(วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). สืบค้นจากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์ สำนัก
งานวิจัยแห่งชาติ.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย, ฝ่ายพัฒนาโครงสร้างเศรษฐกิจ. (2563). *Reginal Letter แบ่งปันความรู้...*
สู่ภูมิภาค ฉบับที่ 2/2563. สืบค้นจาก https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Regionaleconomy/DocLib14/Coffee_Final_020620.pdf
- นิภาพร ชนະคช และกมลกาญจน์ จิฎกานัญจน์. (2548). กาเฟอีนในชาและกาแฟ. *วารสารกรม*
วิทยาศาสตร์บริการ, 53(169), 11-13
- ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. (2561, ธันวาคม 18). “บางแสน21 ฮาล์ฟมาราธอน 2018” งานวิ่ง
มาตรฐานระดับโลก IAAF Bronze Label นักวิ่งระดับโลกตบเท้าร่วมทำลายสถิติคัมภีร์.
ประชาชาติธุรกิจ. สืบค้นจาก <https://www.prachachat.net/spinoff/spinoff-featured/news-266736>
- ปณณวิษณุ เต๋นสมุทร. (2554). *ผลของคาเฟอีนต่อสมรรถนะทางกายที่จำลองจากเกมรักบี้ฟุตบอล*
(วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). สืบค้นจากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์ สำนัก

งานวิจัยแห่งชาติ.

- ภิมฟ้า รัศมีเนตร, เฉลิมพล จตุพร, วสุ สุวรรณวิหค, และนารีรัตน์ สีระสาร. (2564). การพยากรณ์ปริมาณการนำเข้ากาแฟของประเทศไทย: กรณีศึกษาเชิงประจักษ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนคินส์. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 6(8), 318-331
- มติชนออนไลน์. (2563, กุมภาพันธ์ 9). ‘บุรีรัมย์ มาราธอน 2020’ กระหึ่ม- ‘สัณชัย’ แชมป์คนไทย ‘ลมกรดเคนย่า’ เข้าเส้นชัยคนแรก. *มติชน*. สืบค้นจาก https://www.matichon.co.th/sport-slide/news_1958595
- โรจพล บุณรักษ์. (2561). ผลงานที่ใช้ในการในการออกกำลังกายและเล่นกีฬา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 40(3), 15-35.
- วรวัฒน์ พรหมเด่น. (2561). *โภชนาการเชิงชีวเคมี*. บุรีรัมย์: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- วัชรพงศ์ รติสุขพิมล. (2561, ส.ค. 5-8). เศรษฐศาสตร์ว่าด้วยการจัดงานวิ่ง. *หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ*. สืบค้นจาก <https://www.thansettakij.com/columnist/302977>
- วิมุติ วสะหลาย. (2554). *ค.ศ. 2011 ครบรอบ 2,500 ปีของการวิ่งมาราธอน*. สืบค้นจาก <http://www.forrunnersmag.com/articles/articleview.php?articleid=18>
- วีระ สุขุมธรรมรัตน์, ไชยพร ยุกเซน และรพีพร โรจน์แสงเรือง. (2555, ธันวาคม). ก้าวอดนอนและการใช้คาเฟอีนในวิชาชีพแพทย์. *สรรพสาร วงการแพทย์*, 15(380), 25-27.
- ศาสตราจารย์ สุนทรกิติ. (2554). *ผลของการใช้โซเดียมซิติเตรตต่อระดับแลคเตทและภาวะต้านอนุมูลอิสระในเลือดภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักจนหมดแรง*. สืบค้นจากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา. (2564). *กาแฟ หรือ แก๊วะ วิทยาศาสตร์ของอาการใจสั่นเมื่อกินกาแฟ*. สืบค้นจาก <https://sciplanet.org/content/7991>
- สภูปพิเศษมติชน. (2562, ตุลาคม 19). “5 ประวัติศาสตร์ มาราธอน” โลก. *มติชน*. สืบค้นจาก <http://doh.hpc.go.th/bs/topicDisplay.php?id=266>
- สถาบันวิจัยประชากรและสังคม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ. (2563). *รายงานสุขภาพคนไทย 2563*. สืบค้นจาก <https://resourcecenter.thaihealth.or.th/media/vyvM>
- สถาบันวิจัยประชากรและสังคม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ. (2563). *รายงานสุขภาพคนไทย 2563*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง.
- สมาพันธ์ชมรมเดิน-วิ่งเพื่อสุขภาพไทย. (2556). *วิ่งสู่ชีวิตใหม่. วารสารสมาพันธ์ชมรมเดิน-วิ่งเพื่อสุขภาพไทย*, 12(82), 5-8. สืบค้นจาก

http://padatabase.net/uploads/files/02/media/72_72_72_Thaijogging82.pdf
 สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักพัฒนาการวิจัยการเกษตร คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาล
 รามาธิบดี. (2562). *คู่มือโภชนาการที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาในประเทศไทย*. สืบค้นจาก
https://oer.learn.in.th/search_detail/result/117517
 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2558). *มารู้จักการแข่งขันวิ่ง 5 ประเภท ก่อนถึงวัน
 จริง! วิ่งสู่ชีวิตใหม่*. สืบค้นจาก https://socialmarketing.thaihealth.or.th/index.php?option=com_activities&view=article&tmpl=component&id=4538
 สุพิตร สมาชิกโต. (2541). *แบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย KASETSART Youth Fitness Test*.
 กรุงเทพฯ: พรานนกการพิมพ์.

ภาษาต่างประเทศ

- Acheson, K. J., Gremaud, G., Meirim, L., Montigon, F., Krebs, Y., Fay, L. B., Gay, L. J.,
 Schneiter, P., Schindler, C., & Tappy, L. (2004). Metabolic effects of caffeine in
 humans: lipid oxidation or futile cycling?. *The American Journal of Clinical
 Nutrition*. 79(1), 40-46.
- Alchetron. (2018). *Spyridon Louis*. Retrieved from <https://alchetron.com/Spyridon-Louis#spyridon-louis-75ab56e8-d6dd-4688-8e59-3b4059fa103-resize-750.jpg>
- Allen, D., & Westerblad, H. (2004). *Lactic Acid—The Latest Performance-Enhancing
 Drug*. Retrieved from [https://www.science.org/doi/10.1126/science.1103078#
 hn5](https://www.science.org/doi/10.1126/science.1103078#hn5)
- AOPA you freedom to fly. (2020) *heart and circulatory system bruce protocol stress
 test*. Retrieved from [https://www.aopa.org/go-fly/medical-resources/health-
 conditions/heart-and-circulatory-system/bruce-protocol-stress-test](https://www.aopa.org/go-fly/medical-resources/health-conditions/heart-and-circulatory-system/bruce-protocol-stress-test)
- Ba'ttig, K., & Buzzi, R. (1 9 8 6). Effect of coffee on the speed of subject-paced
 information processing. *Neuropsychobiology*, 16, 126–130.
- Badawy, M. M., & Muaidi, Q. I., (2019). Cardio respiratory response: Validation of new
 modifications of Bruceprotocol for exercise testing and training in elite Saudi
 triathlon andsoccer players. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26, 105–111
- Bompa & O, T. (2015). *Periodization Training for Sports*. United States of America.
- Brandenburg, J. P., & Giles. (2021). Blueberry supplementation reduces the blood
 lactate response to running in normobaric hypoxia but has no effect on

- performance in recreational runners. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(26), 1-8.
- Burke, L. M., Jeukendrup, A. E., Jones, A. M., & Mooses, M. (2019). Contemporary Nutrition Strategies to Optimize Performance in Distance Runners and Race Walkers. *International journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 49(2), 117-129.
- Cairns, S. P. (2006). Lactic Acid and Exercise Performance. *Sports Medicine*, 36(4), 279-291
- Cohen, S. B., Nelson, A.G., Prevost, M.C., Thompson, G.D., Marx, B. D., & Morris, G. S. (1996). Effects of caffeine ingestion on endurance racing in heat and humidity. *European Journal of Applied Physiology*, 73, 358-363.
- Conway, K.J., Orr, R., & Stannard, S.R. (2003). Effect of a divided caffeine dose on endurance cycling performance, postexercise urinary caffeine concentration, and plasma paraxanthine. *Journal of Applied Physiology*. 94(4), 1557-1562.
- Cox, G. R., Desbrow, B., Montgomery, P. G., Anderson, M. E., Bruce, C. R., Macrides, T. A., Martin, D. T., Moquin, A., Roberts, A., Hawley, J. A., & Burke, L. M. (2002). Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *Journal of Applied physiology*, 39(3), 990-999.
- Cui, W., Wang, S., Pan, D., Chang, B., & Sang, L. (2020). Caffeine and its main targets of colorectal cancer. *World Journal of Gastrointestinal Oncology*, 12(2), 149-172.
- Dean, S., Braakhuis, A., & Paton, C. (2009). The Effects of EGCG on Fat Oxidation and Endurance Performance in Male Cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20, 624-644
- Desbrow, B., Biddulph, C., Devlin, B., Grant, G. D., Anoopkumar-Dukie, S., & Leveritt, M. D. (2012). The effects of different doses of caffeine on endurance cycling time trial performance. *Journal of Sports Sciences*, 20(12), 115-120.
- DL, C., GP, D., & WJ, F. (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Sports Medicine*, 10(3), 155-158.
- Eberle, S. G. (2014). The Body's Fuel Sources. In *Endurance Sports Nutrition-3rd Edition*. Human Kinetics, Incorporated.
- Eschbach, L. C. (2001). *The effect of caffeine ingestion on metabolism and performance during prolonged cycling* (Master' Thesis). Available form ProQuest Information and Learning (UMI No. 3022074).

- Farhadi, H., Hadi, H., & Sabegh, M. A. (2011). Effect of caffeine gum ingestion on blood lactate and glucose during 1500-m running. *Annals of Biological Research*, 2(5), 252-257.
- Fitts, R. H. (1994). Cellular Mechanisms of Muscle Fatigue. *Physiology Review*, 74(1), 49-94.
- Flueck, M., & Eilers, W. (2010). Training Modalities: Impact on Endurance Capacity. *Elsevier inc*, 39(1), 183-200.
- Ganio, M. S., Johnson, E. C., Lopez, R. M., Stearns, R. L., Emmanuel, H., Anderson, J.M., Casa, D. J., Maresh, C. M., Volek, J. S., & Armstrong, L. E. (2011). Caffeine lowers muscle pain during exercise in hot but not cool environments. *Physiology & Behavior*, 102(3-4), 429-435.
- Ghosh, A. K. (2004). Anaerobic Threshold: Its Concept and Role in Endurance Sport. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 11(1). 24-36
- Goldstein, E.R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., Taylor, L., Willoughby, D., Stout, J., Graves, B. S., Wildman, R., Ivy, J. L., Spano, M., Smith, A. E., & Antonio, J. (2010). International society of sports nutrition position stand: Caffeine and performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 1-15.
- Gray, J., (1998). Caffeine, coffee and health. *Nutrition & Food Science*, 6, 314-319
- Harvard medical school. (2010). *Exercise stress test*. Retrieved from <https://www.health.harvard.edu/heart-health/exercise-stress-test>
- Ho, K. K. Y. (2019). The promise of growth hormone in sport: doped or duped. *Endocrinol. Metab*, 63(6), 576-581.
- Hogervorst, E., Bandelow, S., Schmitt, J., Jentjens, R., Oliveira, M., Allgrove, J., Carter, T., & Gleeson, M. (2008). Caffeine Improves Physical and Cognitive Performance during Exhaustive Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(10),1840-1851.
- Hultman, E. (1989) Nutritional effects on work performance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 49(5), 949–957.
- Illy, A., & Vliani, R. (2005). *Espresso Coffee*. Italy.
- Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research. (2001) *Caffeine for the Sustainment of Mental Task Performance: Formulations for Military*

- Operations*. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223802/pdf/Bookshelf_NBK223802.pdf
- James, J. E. (1991). *Pharmacology of caffeine. Caffeine and Health*. London: Academic Press.
- James, J. E., and Paull, I. (1985). Caffeine and human reproduction. *Reviews on Environmental Health*, 5(2),151-167.
- Jamurtas, A.Z., Tofas, T., Fastouros, L., Nikoladis, M. G., Paschalis, V., Yfanti, C., Raptis, S., & Koutedakis, Y. (2022). *The effects of low and high glycemic index food on exercise performance and beta-endorphin responses. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 8(5),1-11.
- Jones, A. M., Carter, H. (2000). The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386.
- 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*.
- Karapetian, G. K., Engels, H. J., Gretebeck, K. A., & Gretebeck, R. J. (2012). Effect of Caffeine on LT, VT and HRVT. *International Journal of Sports Medicine*, 33, 507-513.
- Kent, G. L., Dawson, B., Cox, G. R., Abbiss, C. R., Smith, K. J., Croft, K. D., Lim, Z. X., Eastwood, A., Burke, L. M., & Peeling, P. (2018). Effect of dietary nitrate supplementation on thermoregulatory and cardiovascular responses to submaximal cycling in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 118, 657-668.
- Killer, S. C., Blannin, A. K., & Jeukendrup, A. E (2014) No Evidence of Dehydration with Moderate Daily Coffee Intake: A Counterbalanced Cross-Over Study in a Free-Living Population. *Physiology & Nutrition*, 9(1), 1-8.
- Laurence, G., Wallman, K., & Guelfi, K. (2012). Effects of caffeine on time trial performance in sedentary men. *Journal of Sports Sciences*, 30(12), 1235-1240.
- Laurent, D., Schneider, K. E., Prusaczyk, W. K., Franklin, C., Vogel, S. M., Krssak, M., Petersen, K. F., Goforth, H. W., & Shulman, G. I. (2000). *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 85(6), 2170-2175.
- 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, J., Lee, H., Lee, S., & Kim, T. (2019). Blood dopamine level enhanced by caffeine in men after treadmill running. *Chinese Journal of Physiology*, 62(6), 279-284.
- Leelarungrayub, D., Sallepan, M., & Charoenwattana, S. (2011). Effects of Acute Caffeinated Coffee Consumption on Energy Utilization Related to Glucose and Lipid Oxidation from Short Submaximal Treadmill Exercise in Sedentary Men. *Nutrition and metabolic insights*, 24(4), 65-72.
- Loftin, M., Sothorn, M., Koss, C., Tuuri, G., Vanvrancken, C., Kontos, A., & Bonis, M. (2007). Energy expenditure and influence of physiologic factors during marathon running. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1188-1191.
- Lopez-Sanchez, R. C., Lara-Diaz, V. J., Aranda-Gutierrez, A., Martinez-Cardona, J. A., & Hernandez, J.A. (2018). HPLC Method for Quantification of Caffeine and Its Three Major Metabolites in Human Plasma Using Fetal Bovine Serum Matrix to Evaluate Prenatal Drug Exposure. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2018, 1-11
- Maffetone, p. (2015). *The Endurance Handbook*. New York of America.
- Magkos, F., & Kavouras, S. A. (2005). Caffeine use in sports, pharmacokinetics in man, and cellular mechanisms of action. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(7-8), 535-562.
- Marcora, S., M. (2008). Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance?. *European Journal of Applied Physiology*, 2008, 104(5), 929-931.
- Marshall, K. (2010). The effect of different dosages of caffeine on time to exhaustion in prolonged exercise in trained athletes (a meta analysis). *The Plymouth Student Scientis*, 3(2), 18-39.
- Mul, J. D., Stanford, K. I., Hirshman, M. F., Goodyear, L. J. (2015) Exercise and Regulation of Carbohydrate Metabolism. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 135, 17-37.
- Myraceresult. (2020). *Bangsaen21 The Finest Running Event Ever 2020*. Retrieved from <https://my.raceresult.com/163438/results>

- Myraceresult. (2020). *BANGSAEN42*. Retrieved from <https://my.raceresult.com/161722/?lang=en>
- Myraceresult. (2020). *Buriram Marathon 2020*. Retrieved from <https://my.raceresult.com/148508/results?lang=en>
- Nabuco, L. L., Saunders, B., Sousa da Silva, R. A., Molina, G. E., Gonçalves Reis, C. E. (2021). Caffeine Mouth Rinse Does Not Improve Time to Exhaustion in Male Trained Cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31, 412-419.
- Nawrot, P., Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A., Feeley, M. (2003). Effects of caffeine on human health. *Food Additives and Contaminants*, 20(1), 1-30.
- Nieuwenhoven, M. A. V., Brouns, F., & Kovacs, E. M. R. (2005). The effect of two sports drinks and water on GI complaints and performance during an 18-km run. *International Journal of Sports Medicine*, 26(4), 281-285.
- Olcina, G., Munoz, D., Kemp, J., Timon, R., Maynar, J., Caballero, M. J., & Maynar, M. (2012). Total plasma fatty acid responses to maximal incremental exercise after caffeine ingestion. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 10, 33-37.
- Plaskett, C. J., & Cafarelli, E. (2001). Caffeine increases endurance and attenuates force sensation during submaximal isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 91(4), 1535-1544.
- Poire, B., Killen, L., Green, J.M., O'Neal, E. K., & Renfore, L.G. (2019). Effects of caffeine on Tennis Serve Accuracy. *International Journal of Exercise Science*, 12(6), 1290-1301.
- Potgieter, S., Wright, H.H., & Smith, C. (2018). Caffeine Improves Triathlon Performance: A Field Study in Males and Females. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28, 228-237.
- Powers, S., K., Byrd, R. J., Tulley, R., & Callender, T. (1983). Effects of Caffeine Ingestion on Metabolism and Performance During Graded Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 50, 301-307.
- Preedy, V. R. (2015). *Caffeine: Chemistry, Analysis, Function and Effects*. United Kingdom: CPI Group (UK) Ltd, Croydon, CR0 4YY.
- Rapoport, B. I. (2010). Metabolic factors limiting performance in marathon runners.

PLOS Computational Biology, 6(10), 1-12.

- Seiler, S. (2010). What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 276-291.
- Siahpoosh, A. K., & Nesaei, A. (2016). The Effect of Caffeine Supplementation on Blood Lactate and Glucose after 800 and 1500 meter Run. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 9(1), 97-103.
- Sjödin, B., & Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathonrunning performance. *Sports Medicine*, 2(1), 23-26.
- Smith, A. P., Brockman, P., Flynn, R., Maben, A., & Thomas, M. (1993). Investigation of the effects of coffee on alertness and performance during the day and night. *Neuropsychobiology*, 27(4), 217-223
- Southward, K., Rutherford-Markwick, K. J., & Ali, A. (2018). The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Endurance Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48, 1913-1928.
- Sperlich, P. F., Holmberg, H., Reed, J. L., Zinner, C., Mester, J., & Sperlich, B. (2015). Individual versus Standardized Running Protocols in the Determination of VO₂max. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14, 386-393.
- Stavric, B. (1988). Methylxanthines: toxicity to humans. *Caffeine. Food and Chemical Toxicology*, 26(7), 645-662.
- Swanwick, E., & Matthews, M. (2018). Energy systems: a new look at aerobic metabolism in stressful exercise. *MOJ Sports Medicine*, 2(1), 15-22.
- University of Waikato. (2016). *Caffeine and adenosine structure*. Retrieved from <https://www.sciencelearn.org.nz/images/2456-caffeine-and-adenosine-structure>
- Vanhauwaert, E., Matthys, C., Verdonck, L., & De Preter, V. (2015). Lowresidue and low-fiber diets in gastrointestinal disease management. *Advances in Nutrition*, 6(6), 820-827.
- Watson, T. (2018). *Types of Race*. Retrieved from http://marathonhandbook.com/start-here/types*of-race/
- Whalley, P. J., Dearing, C. G., & Paton, C. D. (2020). The Effects of Different Forms of Caffeine Supplement on 5-km Running Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15, 390-394.
- Williams, N. (2017). The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. *Occupational*

Medicine, 7(5), 404-405.

Wright, R., A. (2008). Refining the prediction of effort: Brehm's distinction between potential motivation and motivation intensity. *Social and Personality Psychology Compass*, 2(2), 682-701.



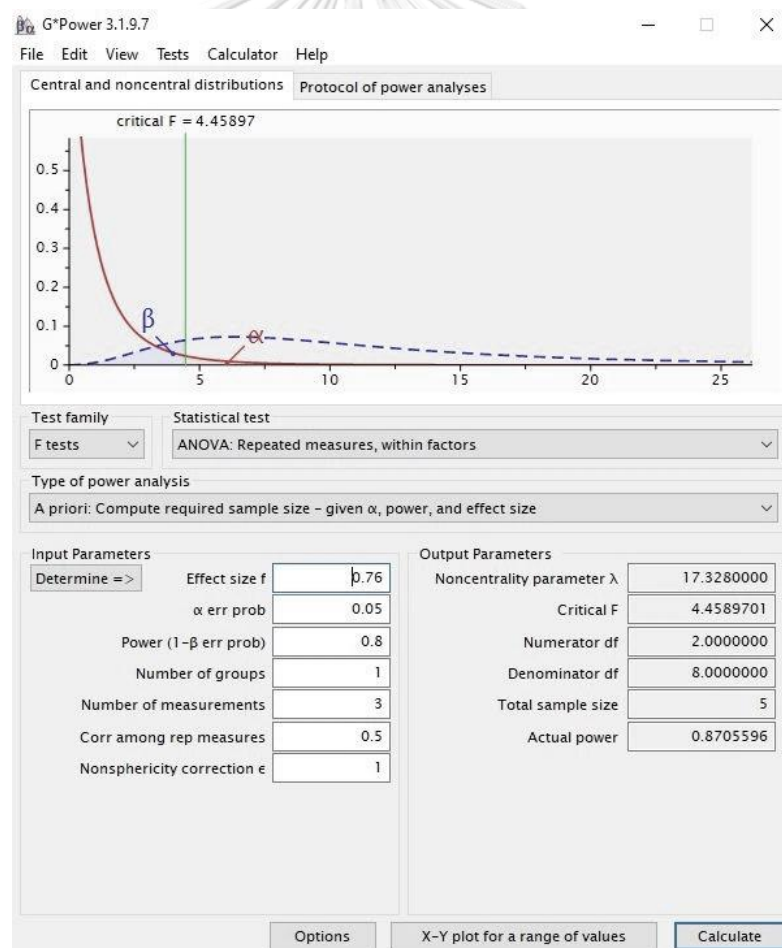


ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมจีพาวเวอร์ เวอร์ชัน 3.1.9.7 (G*Power, Version 3.1.9.7) โดยอ้างอิงจากบทความวิจัยก่อนหน้า (Brandenburg & Giles, 2021) โดยใช้ข้อมูลตัวแปรกรดแลคติก (Lactic acid) มาคำนวณด้วยสถิติ ANOVA: Repeated measures, within factors ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 กำหนด Power ของการทดสอบที่ 80% ($1-\beta = 0.8$) และกำหนดค่า Effect size ที่ได้จากงานวิจัยของ Brandenburg and Giles ที่มีการกำหนด Effect size = 0.76 เมื่อคำนวณแล้วจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 5 คน และเพื่อป้องกันการสูญหาย (Dropout) จึงได้พิจารณาเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 60 เท่ากับ 3 คน ดังนั้น จึงได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 8 คน ดังภาพภาคผนวก ก



ภาพภาคผนวก ก แสดงการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมจีพาวเวอร์ เวอร์ชัน 3.1.9.7 (G*Power, Version 3.1.9.7)

ภาคผนวก ข

เอกสารการอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์
จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบเสนอขออนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์ ต่อคณะกรรมการบริหารคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ใช้ตัวพิมพ์เท่านั้น)	บม.2
--	------

ชื่อ (นาย/นาง/นางสาว) นัฐพงษ์ สีพิภพ รหัส 6 3 7 0 0 0 9 5 3 9
 นิสิตแขนงวิชา ภาวเสริมสร้างสมรรถนะทางกรกีฬา วิทยานิพนธ์ 12 หน่วยกิต
 เข้าเรียนในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ตั้งแต่ภาคการศึกษา ต้น ปลาย ปีการศึกษา 2563
 ที่อยู่ติดต่อสะดวก ห้อง 809 วิทยานิพนธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ โทรศัพท์
 มือถือ 0992416633 E-MAIL natthapongs@Chula.ac.th
 มีความประสงค์ขออนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์ เพื่อดำเนินการต่อไป
 หัวข้อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย ผลของการได้รับคาเฟอีนระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพความอดทนในนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย
 หัวข้อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ(พิมพ์ตัวพิมพ์ใหญ่ทุกตัว) THE EFFECTS OF CAFFEINE INGESTION DURING EVENT ON ENDURANCE
 PERFORMANCE IN MALE HALF MARATHON RUNNERS
 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพร นกแก้ว โทรศัพท์ 0819079699
 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม โทรศัพท์
 และได้แนบโครงการวิจัย จำนวน ชุด มาด้วย
 ทั้งนี้ มีมติอนุมัติจากที่ประชุมคณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ครั้งที่ 16/2564 วันที่ 8 พ.ย. 2564
 โดยแต่งตั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดังมีรายชื่อนามต่อไปนี้

ลงชื่อ..... N. Nattapongอาจารย์ที่ปรึกษา
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพร นกแก้ว)
 12 พ.ย. 2564

ลงชื่อ..... นิสิต
 (นาย นัฐพงษ์ สีพิภพ)
 12 พ.ย. 2564

ลงชื่อ..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)

ลงชื่อ.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลถาวร)
 ประธานแขนงวิชาการเสริมสร้างสมรรถนะทางการกีฬา
 12 พ.ย. 2564

ลงชื่อ.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก)
 เลขานุการคณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ
 18 / 11 / 64

มติจากที่ประชุมคณะกรรมการบริหารคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ครั้งที่ 14/2564 วันที่ 29 พฤศจิกายน 2564

- อนุมัติ โดยไม่แก้ไข
 อนุมัติ โดยมีข้อแก้ไขดังนี้

ทำขม.ฯอนุมัติ 8 พฤศจิกายน

ลงชื่อ..... ศิริสา โค้วประเสริฐ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โค้วประเสริฐ)
 เลขานุการคณะกรรมการบริหารคณะฯ
 ๑๑ / ๗.๐ / 6

ภาคผนวก ค

เอกสารการรับรองโครงการวิจัย

จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 02-218-3202, 02-218-3049 Email: eccu@chula.ac.th


COA No. 062/65

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 650001 : ผลของการได้รับคาเฟอีนระหว่างภารกิจต่อสมรรถภาพความอดทนในนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย
ผู้วิจัยหลัก : นาย นัฐพงษ์ สิริพิศา
หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ลงนาม 
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ ปรีดา ทัดประดิษฐ์)
ประธาน

ลงนาม 
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระวีพันธ์ มีงักคินย์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 15 มีนาคม 2565

วันหมดอายุ : 14 มีนาคม 2566

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1. เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. ผู้วิจัย
4. เครื่องมือวิจัย

เงื่อนไข

1. ห้ามนำใบรับรองใบนี้ไปใช้ในการโฆษณา หรือดำเนินการใดๆ ที่ผิดกฎหมายโดยไม่เคารพวิถีทางและกฎเกณฑ์การพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยโดยผู้วิจัย เมื่อต้องการศึกษาต่อจะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใหม่
3. ชื่อดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยต้องตรงตามที่ปรากฏในใบรับรอง
4. ให้ผลการวิจัยแก่ผู้เกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย โดยเป็นของบุคคลผู้เกี่ยวข้องที่ระบุไว้ในโครงการวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) เฉพาะที่ระบุชื่อในโครงการวิจัยเท่านั้น
5. หากคิดจะหยุดการวิจัยก่อนจะถึงระยะเวลาที่กำหนดให้แจ้งต่อคณะกรรมการ สังเกตจากคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงดำเนินการวิจัย ให้แจ้งคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
7. หากผู้โครงการวิจัยส่งผลกระทบต่อคณะกรรมการ ภายใน 2 ปีภายหลังจากที่แจ้ง
8. โครงการวิจัยไม่ได้รับ 5 ปี นับแต่วันออกใบรับรองโครงการวิจัย (AF 01-15) และหลังหมดอายุโครงการวิจัย 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยาคณะวิจัยให้ส่งมอบต่อคณะกรรมการ ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น
9. โครงการวิจัยที่หมดอายุ จะได้รับโครงการเป็นระยะ เมื่อดำเนินการวิจัยในระยะเวลาที่กำหนดไว้ ให้ดำเนินการรายงานความก้าวหน้า สหประชาชาติโครงการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในระยะเวลาที่กำหนด
10. คณะกรรมการฯ จะดำเนินการตรวจสอบและแจ้งมติต่อคณะกรรมการดำเนินการวิจัย
11. สำหรับโครงการวิจัยจากบุคคล ผู้บริหารส่วนงาน สำหรับดำเนินการวิจัย



Digital Certificate

เลขที่โครงการวิจัย 650001
วันที่รับรอง 15 มี.ค. 2565
วันที่หมดอายุ 14 มี.ค. 2566

ภาคผนวก ง

ข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอม

ชื่อโครงการ “ผลของการได้รับคาเฟอีนระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพความอดทนในนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย”

ชื่อผู้วิจัย นายณัฐพงษ์ สีพิกา ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) อาคารจุฬาพัฒน์ 7 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
(ที่บ้าน) ห้อง 809 ชั้น 8 อาคารวิทยนิเวศน์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์มือถือ 09 4241 6633 E-mail : Natthapong.s@chula.ac.th

เรียน ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกท่าน

ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการวิจัยเรื่อง “ผลของการได้รับคาเฟอีนระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพความอดทนในนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย” ก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย โปรดทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับอะไรและทำเพราะเหตุใด กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างรอบคอบ หากมีข้อความใดที่อ่านแล้วไม่เข้าใจหรือไม่ชัดเจน โปรดสอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับอะไร และเพื่อวัตถุประสงค์ใด

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการได้รับคาเฟอีนที่มีผลต่อสมรรถภาพความอดทนในกลุ่มนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาผลของการได้รับคาเฟอีนต่อสมรรถภาพความอดทน ค่าชีวเคมีในเลือด และอาการของระบบทางเดินอาหารในกลุ่มนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย
- 2) เพื่อเปรียบเทียบผลของการได้รับคาเฟอีน 2 ครั้ง (ก่อนและระหว่างการเล่นกีฬา) กับการได้รับคาเฟอีน 1 ครั้ง (ก่อนการเล่นกีฬา) ต่อสมรรถภาพความอดทน ค่าชีวเคมีในเลือด และอาการของระบบทางเดินอาหารในกลุ่มนักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอนชาย

การให้ข้อมูลและขอความยินยอม

การเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยในกลุ่มคนที่มีอายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี เพศชาย ผู้วิจัยจะอธิบายรายละเอียด ขั้นตอน กระบวนการ และความเสี่ยงต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้เข้าร่วมวิจัย อย่างละเอียด ถ้าผู้เข้าร่วมตัดสินใจแล้วว่า จะเข้าร่วมการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดง ความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

รายละเอียดของผู้เข้าร่วมการวิจัยและคุณสมบัติ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในกลุ่มนักวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เพศชาย ช่วงอายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี จำนวนทั้งสิ้น 8 คน โดยมีระยะเวลาในการทำวิจัย 2 เดือน

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมในการวิจัย

- นักกีฬาวิ่งฮาล์ฟมาราธอน เพศชาย อายุระหว่าง 30 ถึง 39 ปี
- เป็นผู้ที่มีกามาแพเป็นประจำ คือ ผู้ที่มีการตีเครื่องตีมาแพ 3 ถึง 7 แก้วต่อสัปดาห์ โดยมีปริมาณการตีไม่เกินวันละ 1 แก้ว
- สามารถตีมาแพผสมน้ำเปล่าที่ไม่มีส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อกลบรสชาติขมของมาแพได้
- สุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคระบบประสาท โรคความดันโลหิตสูง โรคเมะเร็ง เป็นต้น และผ่านการประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย (PAR-Q+2019)
- ไม่มีอาการบาดเจ็บหรืออาการป่วยที่เกี่ยวข้องกับระบบการเผาผลาญพลังงานของร่างกายในระยะเวลา 6 เดือนก่อนเข้ารับการทดสอบ
- มีประสบการณ์เข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งฮาล์ฟมาราธอน ระยะทาง 21.1 กิโลเมตร
- ฝึกซ้อมวิ่ง 3 ถึง 15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
- มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO2Max) ระหว่าง 45 ถึง 60 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อนาที
- ไม่รับประทานอาหารเสริมที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะทางการกีฬา ในช่วงเวลา 2 สัปดาห์ก่อนเข้ารับการทดสอบ
- สามารถรับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนได้ 24 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบ
- ไม่มีประวัติสูบบุหรี่
- สม่ัครใจเข้าร่วมการวิจัย

- ได้รับการฉีดวัคซีนโควิด-19 ตามมาตรการของรัฐบาล และมีจำนวนครั้งของการได้รับวัคซีนตามมาตรการของการอนุญาตให้เข้าพื้นที่เพื่อการวิจัย ตามประกาศจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

- มีภาวะต่อคาเฟอีน เช่น ตื่นมากแพ่มากกว่าวันละ 1 แก้ว เป็นประจำ
- มีอาการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการวิ่ง
- เกิดเหตุสุดวิสัยที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ร่วมการวิจัย
- ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองครบจำนวน 3 ครั้ง

การเข้าถึงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ดำเนินการประชาสัมพันธ์สื่อสารสนเทศ เพื่อเปิดรับสมัครผู้ที่สนใจเข้าร่วมการวิจัยผ่านเฟซบุ๊ก (Facebook) ในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการแข่งขันวิ่งมาราธอน เช่น ThaiRun ฮับความสุขนักวิ่ง และ 42.195 K Club...เราจะไปมาราธอนด้วยกัน

การคัดกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมการวิจัย

- 1) เชิญอาสาสมัครเข้าร่วมปฐมนิเทศในรูปแบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรมซูม (Zoom meeting) เพื่อให้ผู้วิจัยอธิบายเกณฑ์การคัดเลือก รวมถึงชี้แจงข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย เช่น รูปแบบการทำการทดลอง สถานที่สำหรับการดำเนินงานวิจัย และรายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) เพื่อคัดเลือกให้ได้ตามเกณฑ์ของกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตามการคำนวณไว้ 5 คน อีกทั้งเพื่อป้องกันการสูญหายจึงได้พิจารณาเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอีก 3 คน รวมทั้งสิ้น 8 คน ผู้วิจัยทำการนัดหมายอาสาสมัครมาทดสอบหาค่าอัตราการการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO₂max) ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส โดยการทดสอบใช้วิธีการตั้งค่าการทดสอบแบบอัตโนมัติตามแนวทางการทดสอบของแรมป์ (Ramp treadmill protocol) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MetaSoft Studio Properties ด้วยการให้อาสาสมัครสวมเครื่องวิเคราะห์ลมหายใจแบบอัตโนมัติและสายรัดทรงอกที่ติดตั้งเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นเดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายด้วยความเร็ว 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 3 นาที และทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของการใช้ออกซิเจนสูงสุดในการออกกำลังกายตามโปรแกรมอัตโนมัติที่ตั้งค่าไว้ ใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 20 นาที เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบแล้ว ให้อาสาสมัครคลายอบอุ่นร่างกายด้วยความเร็ว 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 นาที และนั่งพักต่อในท่าสบายจนรู้สึกหายเหนื่อยแล้ว การทดสอบครั้งนี้ ดำเนินการทดสอบโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย คือ นิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย สถานที่ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการ 2102 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์ การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 3) ผู้วิจัยจะร้องขอให้อาสาสมัครเตรียมตัวก่อนมาทำการทดสอบ 3 วัน โดยรายละเอียดดังนี้
- บันทึกการรับประทานอาหารผ่านลิงค์ กูเกิล ฟอรัม (Google form) โดยให้อาสาสมัครรับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น หากรับประทานอาหารต่อวัน ประกอบด้วยเมนูเนื้อสัตว์ย่าง ข้าวเปล่า แกงจืดผักรวมหมู สับ และไข่ตุ๋น ก็ให้รับประทานอาหารตามเมนูดังกล่าวหรือใกล้เคียงมากที่สุดตลอด 3 วัน ส่วนเครื่องดื่ม หากดื่มน้ำเปล่าประมาณวันละ 1 ลิตร และน้ำหวาน 1 แก้ว ก็ให้ดื่มน้ำดื่มและเครื่องดื่มดังกล่าวหรือให้มีความใกล้เคียงมากที่สุดตลอดทั้ง 3 วัน
 - บันทึกกิจกรรมทางกายผ่านลิงค์ กูเกิล ฟอรัม (Google form) โดยให้อาสาสมัครมีกิจวัตรประจำวันที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น ในแต่ละวันมีการทำงานประจำโดยการนั่งโต๊ะควบคู่กับการใช้งานคอมพิวเตอร์ เวลาว่างดูโทรทัศน์ และเข้านอนในเวลา 22.00 น. ก็ให้มีกิจวัตรประจำวันให้เหมือนหรือใกล้เคียงตามที่กล่าวมามากที่สุด

เพื่อป้องกันการลืมนบันทึกข้อมูลผู้วิจัยส่งลิงค์ กูเกิล ฟอรัม (Google form) ดังกล่าวเป็นวันต่อวันและตรวจสอบการบันทึกของทุกวันให้เรียบร้อย หากอาสาสมัครลืมนบันทึกข้อมูลผู้วิจัยขอติดต่อกับอาสาสมัครผ่านช่องทางโทรศัพท์เพื่อให้ผู้ร่วมวิจัยบันทึกข้อมูล ทั้งนี้ การกรอกแบบบันทึกการรับประทานอาหารและบันทึกกิจกรรมทางกาย ใช้เวลาประมาณ 3 ถึง 5 นาที

สำหรับการส่งลิงค์ กูเกิล ฟอรัม (Google form) ให้อาสาสมัคร ผู้วิจัยจัดส่งตามช่องทางที่อาสาสมัครสะดวก เช่น แอปพลิเคชันไลน์ (LINE) และอีเมลล์ (E-mail) และในเวลา 24 ชั่วโมงก่อนถึงเวลานัดหมายอาสาสมัครจะได้รับการร้องขอเพิ่มเติมให้งดเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน และงดออกกำลังกายหนัก หมายถึง การออกกำลังกายที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เช่น การวิ่งเป็นเวลานานกว่าปกติที่วิ่งเป็นประจำ การออกกำลังกายแบบแรงต้านที่มีการใช้น้ำหนักมากกว่าปกติที่ เพราะการออกกำลังกายดังกล่าว มีผลทำให้ร่างกายเกิดการล้าและอ่อนเพลีย

4) เมื่ออาสาสมัครมาตามนัดหมาย ต้องเข้ารับการตรวจคัดกรองความเสี่ยงต่อการป่วยเป็นโรคโควิด-19 ด้วยแบบประเมินออนไลน์ระบบคัดกรอง Covid-19 ของกรุงเทพมหานคร จำนวน 15 ข้อ ใช้เวลา 1.30 ถึง 2 นาที และทำการวัดอุณหภูมิร่างกายก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ จากนั้นผู้วิจัยจะสอบถามข้อมูลของอาสาสมัครตามรายละเอียดของแบบคัดกรอง

6) ก่อนทำการทดสอบ ให้อาสาสมัครทำแบบประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย (PAR-Q+2019) เพื่อความปลอดภัยและลดความเสี่ยงหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อระบบร่างกายของอาสาสมัคร

7) อาสาสมัครที่ผู้วิจัยอนุญาตให้ทำการทดสอบเพื่อค่าอัตราการการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO₂max) ตามรายละเอียดข้อ 4.2

8) ผู้วิจัยนำข้อมูลช่วงอายุ ประวัติสุขภาพ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO₂max) ของอาสาสมัคร จดบันทึกข้อมูลของอาสาสมัครลงในแบบคัดกรอง

9) อาสาสมัครมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าเพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะนัดหมายเพื่อร่วมทำการทดสอบตามขั้นตอนของการทดลองการวิจัย โดยมีการให้พักอย่างน้อย 7 วัน และผู้ที่ไม่ผ่านคุณสมบัติจะถูกคัดออกจากการศึกษาวิจัย

10) ผู้ร่วมวิจัยต้องมาทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง ดังรายละเอียดข้อ 5

การเข้าร่วมการวิจัย

1) การทดลองทั้ง 3 ครั้ง ผู้วิจัยจะนัดหมายผู้ร่วมวิจัยมาทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการ 2102 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทำการทดลองโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย คือ นิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรายละเอียดของการทดลองดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงรายละเอียดของการทดลองและเวลาในการทดลอง

ครั้งที่	รายละเอียดการทดลอง	เวลา				รวมเวลาดทดลองทั้งสิ้น
		คัดกรองโควิด	ดื่มเครื่องดื่มก่อนวิ่ง	ทดสอบวิ่งและดื่มเครื่องดื่มระหว่างวิ่ง	พักหลังวิ่ง	
1	ทดลองวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าด้วยความหนักที่ VT ₁ ซึ่งเป็นความหนักที่ผู้ร่วมวิจัยสามารถวิ่งได้ 1- 3 ชั่วโมง	10 นาที	60 นาที	120 - 180 นาที	20 นาที	3.5 - 4.5 ชั่วโมง
พักอย่างน้อย 7 วัน						
2	ทดลองวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าด้วยความหนักที่ VT ₁ ซึ่งเป็นความหนักที่ผู้ร่วมวิจัยสามารถวิ่งได้ 1- 3 ชั่วโมง	10 นาที	60 นาที	120 - 180 นาที	20 นาที	3.5 - 4.5 ชั่วโมง
พักอย่างน้อย 7 วัน						
3	ทดลองวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าด้วยความหนักที่ VT ₁ ซึ่งเป็นความหนักที่ผู้ร่วมวิจัยสามารถวิ่งได้ 1- 3 ชั่วโมง	10 นาที	60 นาที	120 - 180 นาที	20 นาที	3.5 - 4.5 ชั่วโมง

และการเข้าร่วมการทดลองแต่ละครั้งจะมีการเจาะเลือดบริเวณแขน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างเลือดของผู้ร่วมวิจัย อย่างน้อย 6 ครั้ง ในปริมาณครั้งละ 4 มิลลิลิตร และในกรณีทดสอบวิ่ง หากผู้วิจัยวิ่งเกิน 120 นาที ผู้ช่วยวิจัยยังคงเก็บตัวอย่างเลือดเพิ่มต่อไปทุก 30 นาที จนกระทั่ง ผู้วิจัยเหนื่อยหมดแรง โดยผู้ทำการเจาะเลือดและเก็บตัวอย่างเลือดเป็นผู้ช่วยวิจัย คือ นักเทคนิคการแพทย์ สังกัดคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 2) ผู้วิจัยร้องขอให้ผู้ร่วมวิจัยเตรียมตัวก่อนมาทำการทดลอง 3 วัน โดยให้ผู้ร่วมวิจัยบันทึกการรับประทานอาหารและบันทึกกิจกรรมทางกาย ดังรายละเอียดข้อ 4.3
- 3) ก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ ผู้ร่วมวิจัยต้องเข้ารับการตรวจคัดกรองความเสี่ยงต่อการป่วยเป็นโรคโควิด-19 ด้วยแบบประเมินออนไลน์ระบบคัดกรอง Covid-19 ของกรุงเทพมหานคร และทำการวัดอุณหภูมิร่างกาย
- 4) ผู้วิจัยดำเนินการทดลองแบบไขว้ (Cross-over trials) โดยสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ด้วยวิธีการจับสลากเพื่อแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยมีรูปแบบของการทดลอง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) ดื่มน้ำกาแฟที่มีส่วนผสมคาเฟอีน ปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และดื่มน้ำอีกครั้งในปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว ในนาทีที่ 45 ระหว่างทดสอบ

กลุ่มที่ 2 (PRECAF) ดื่มน้ำกาแฟที่มีส่วนผสมคาเฟอีน ปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ และดื่มน้ำเครื่องดื่มช็อคโกแลตที่มีกลิ่นและรสชาติกาแฟ ในนาทีที่ 45 ระหว่างการทดสอบ

กลุ่มที่ 3 (กลุ่มควบคุม หรือ PLA) เครื่องดื่มช็อคโกแลตที่มีกลิ่นและรสชาติกาแฟ 60 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบและดื่มน้ำอีกครั้งในนาทีที่ 45 ระหว่างการทดสอบ

- 5) ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องได้รับการสุ่มวิธีการทดลองที่ไม่ซ้ำกัน โดยรายละเอียดของการทดลองแต่ละกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF)

เริ่มการทดลอง

ช่วงก่อนวิ่ง

- 1) ผู้วิจัยให้ผู้ร่วมวิจัยขยับถ่ายปัสสาวะให้เรียบร้อย และสวมใส่สายรัดหน้าอกที่ติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นเก็บข้อมูลองค์ประกอบร่างกาย ครั้งที่ 1 ของผู้ร่วมวิจัย ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ และน้ำหนักตัว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ตัวแปรของปริมาณการสูญเสียเหงื่อ

- 2) ผู้ช่วยวิจัยที่เป็นนักเทคนิคการแพทย์ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ร่วมวิจัย ครั้งที่ 1 หลังจากที่ตั้งเครื่องตีความเฟอินหมดทันที และนำเลือดไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ตัวแปร ดังนี้ ระดับกรดไขมันอิสระ ระดับคาเฟอีนในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด และระดับกลูโคสในเลือด ใช้วิธีเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) บริเวณแขน โดยใช้เลือดปริมาณ 4 มิลลิลิตร หรือประมาณเกือบ 1 ซ้อนชา

ขณะเดียวกันผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อย ด้วยการใช้มาตรวัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยของบอร์กฉบับภาษาไทย อาการทางกระเพาะลำไส้ ด้วยมาตรวัดอาการแสดงทางระบบทางเดินอาหารแบบวิช่วลอนาล็อก จากนั้นผู้ช่วยวิจัยให้ผู้ร่วมวิจัยดื่มเครื่องดื่มคาเฟอีนที่มีปริมาณคาเฟอีน 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว ปริมาณ 150 มิลลิลิตร และดื่มให้หมดภายใน 5 นาที และให้ผู้ร่วมวิจัยนั่งพัก 60 นาที

- 3) เมื่อนั่งพักครบ 60 นาที ผู้ช่วยวิจัยเก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ร่วมวิจัยครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการเดียวกับการเก็บข้อมูลในครั้งที่ 1

ช่วงเริ่มวิ่ง

- 4) ให้ผู้ร่วมวิจัยอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ด้วยการเดินบนเครื่องลู่วิ่งไฟฟ้า โดยใช้ความหนักที่ระดับ 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จากนั้นผู้วิจัยเพิ่มระดับของความหนักโดยการปรับเพิ่มความเร็วของเครื่องลู่วิ่งไฟฟ้าให้เร็วขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ร่วมวิจัยเริ่มวิ่ง จนสามารถวิ่งถึงความเร็ว ณ VT_1 จึงหยุดเพิ่มความเร็วและรักษาระดับของความเร็วไว้ ผู้วิจัยจะต้องควบคุมการเพิ่มระดับความหนักให้สัมพันธ์กับเวลาที่สมารถทำให้ผู้ร่วมวิจัยวิ่งถึงระดับหนักดังกล่าวให้ได้ภายในเวลา 5 นาที

ช่วงวิ่ง

- 5) เมื่อผู้ร่วมวิจัยวิ่งได้ 30 นาที นับตั้งแต่เริ่มวิ่ง ผู้ช่วยวิจัยเก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ร่วมวิจัยครั้งที่ 3 ด้วยวิธีการเดียวกับการเก็บข้อมูลในครั้งที่ 1
- 6) ในนาทีที่ 45 ของการวิ่ง ผู้ช่วยวิจัยให้ผู้ร่วมวิจัยดื่มเครื่องดื่มคาเฟอีนที่มีปริมาณคาเฟอีน 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว ปริมาณ 150 มิลลิลิตร และดื่มให้หมดภายใน 5 นาที และหากไม่สามารถดื่มเครื่องดื่มได้หมด จะหยุดทำการทดสอบและทำการนัดหมายมาทำการทดสอบใหม่ โดยให้ผู้ร่วมวิจัยพักอย่างน้อย 7 วัน

- 7) ผู้ช่วยวิจัยเก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ร่วมวิจัย ครั้งที่ 4 ครั้งที่ 5 และครั้งที่ 6 ในนาที่ที่ 60 นาที่ที่ 90 และนาที่ที่ 120 ของการวิ่งตามลำดับ (ทุกๆ 30 นาที่ของการวิ่ง) ด้วยวิธีการเดียวกับการเก็บข้อมูลในครั้งที่ 1
- 8) ให้ผู้ร่วมวิจัยวิ่งจนเหนื่อยหมดแรง บันทึกข้อมูลตัวแปรระยะเวลาของการออกกำลังกายจนเหนื่อยหมดแรง ผู้วิจัยจึงปรับลดความเร็วของเครื่องลูกลไฟฟ้าลง เพื่อให้ผู้ร่วมวิจัยคลายอ่อนใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 10 นาที
- 9) ให้ผู้ร่วมวิจัยลงจากลูกลไฟฟ้า ยืดเหยียดกล้ามเนื้อและนั่งพักจนหายเหนื่อยแล้ว จากนั้นเก็บข้อมูลองค์ประกอบร่างกาย ครั้งที่ 2 ของผู้ร่วมวิจัย ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ และน้ำหนักตัว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ตัวแปรของปริมาณการสูญเสียน้ำ

เสร็จสิ้นการทดสอบ

รายละเอียดเพิ่มเติม

ระหว่างทำการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง ผู้ร่วมวิจัยสามารถดื่มน้ำเปล่าที่ผู้ช่วยวิจัยได้เตรียมไว้ในปริมาณไม่เกิน 200 มิลลิลิตร ทั้งนี้ผู้วิจัยจะบันทึกปริมาณน้ำที่ดื่มตลอดตั้งแต่เริ่มการทดสอบถึงสิ้นสุดการทดสอบ การเก็บตัวอย่างเลือด ผู้เจาะเลือดคือผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นนักเทคนิคการแพทย์ สังกัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยขณะเจาะเลือดจะให้ผู้ร่วมวิจัยยืนในท่ายืนกางขา วางเท้าอย่างมั่นคงบนบริเวณขอบของเครื่องลูกลไฟฟ้า ยื่นแขนให้นักเทคนิคการแพทย์ทำการเจาะเลือด นักเทคนิคการแพทย์เจาะเลือดอย่างระมัดระวังและใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างเลือดให้เสร็จภายใน 15 วินาที

กลุ่มที่ 2 (PRECAF)

ดำเนินการทดลองเหมือนกับ กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) แตกต่างกันที่การดื่มเครื่องดื่มที่ 2 เป็นการดื่มเครื่องดื่มที่ลดอุณหภูมิเครื่องดื่มคาเฟอีน 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 3 (กลุ่มควบคุม หรือ PLA)

ดำเนินการทดลองเหมือนกับ กลุ่มที่ 1 (PRE+DURCAF) แตกต่างกันที่การดื่มเครื่องดื่มครั้งที่ 1 และ 2 เป็นการดื่มเครื่องดื่มที่ลดอุณหภูมิเครื่องดื่มคาเฟอีน 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว และ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ตามลำดับ

ความเสี่ยง/ อันตราย และความไม่สะดวกต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย

1) ความเสี่ยงจากการทดสอบการหาค่าออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_2max) ท่านมีโอกาสดีกอาการหัวใจเต้นผิดปกติ เจ็บหน้าอก ซึ่งพบได้น้อยมาก เนื่องจากผู้วิจัยได้ลดความเสี่ยงจากการใช้เกณฑ์คัดเลือกอาสาสมัครก่อนเข้าร่วมโครงการแล้วเบื้องต้น แต่ผู้วิจัยมีการเฝ้าระวังและเตรียมอุปกรณ์ในการช่วยเหลือชีวิต เช่น อุปกรณ์เฝ้าระวังการทำงานของหัวใจ อุปกรณ์ประเมินปริมาณค่าออกซิเจนในเลือด อุปกรณ์วัดความดันโลหิต รวมถึงอุปกรณ์ช่วยชีวิตพื้นฐาน ตลอดการทดสอบหากเหตุการณ์กล่าวขึ้น ท่านจะได้รับการช่วยเหลือจากนักเทคนิคการแพทย์และผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมหลักสูตรการช่วยชีวิตขั้นพื้นฐานและเครื่องช็อกไฟฟ้าหัวใจอัตโนมัติ (แบบผสมผสาน) Basic Life Support and AED (Blended Learning) ในการช่วยเหลือเบื้องต้นหรือในสถานะฉุกเฉินและการช่วยเหลือขั้นสูง และมีแผนการประสานงานให้ความช่วยเหลือจากโรงพยาบาลต่อไปในเวลารวดเร็ว ทั้งนี้ เครื่องช็อกไฟฟ้าหัวใจอัตโนมัติ หรือ เออีดี (AED) ติดตั้งอยู่ที่ห้องปฏิบัติการ 2102 ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นห้องเดียวกับห้องที่ใช้ดำเนินการทดลอง โดยจุดติดตั้งเครื่อง AED มีระยะห่างจากบริเวณทำการทดลอง 4 เมตร

2) หากพบความผิดปกติของค่าเลือด เช่น ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำเกินกว่าปกติ (น้อยกว่า 70 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) อาจก่อให้เกิดอาการใจสั่นอ่อนเพลีย หัวใจเต้นเร็ว ผู้วิจัยจะหยุดทำการทดลองทันที และให้ผู้ร่วมวิจัยนั่งพักในท่านั่งสบายจนอาการดีขึ้น หากพิจารณาแล้วว่าผู้ร่วมวิจัยอยู่ในภาวะที่สามารถรับประทานอาหารได้จะให้ผู้ร่วมวิจัยรับประทานลูกอมรสหวาน 1 ถึง 3 เม็ด หรือน้ำผึ้ง 3 ช้อนชาผสมน้ำ 1 แก้ว เพื่อเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด

3) ความเสี่ยงจากการเก็บตัวอย่างเลือด โดยเจาะเลือด ท่านมีโอกาสดีกอาการเจ็บเลือดออกซ้ำจากการเจาะเลือด บวมบริเวณที่เจาะเลือด รวมถึงอาการหน้ามืด และโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดซึ่งพบได้น้อยมาก ผู้วิจัยจะให้ผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการเจาะเลือด คือ นักเทคนิคการแพทย์ เป็นผู้เจาะเลือดและเก็บตัวอย่างเลือด โดยใช้อุปกรณ์ปราศจากเชื้อตามมาตรฐานเพื่อลดความเสี่ยงต่าง ๆ ลง

4) ความเสี่ยงจากการวิ่งขณะทดลองการวิจัย ท่านอาจมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ และเหนื่อยล้า ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำในการอบอุ่นร่างกายก่อนวิ่ง คลายอุ่นหลังวิ่ง และการยืดเหยียด เพื่อลดอาการดังกล่าว

การพบแพทย์ในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง หรืออุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาพยาบาลอย่างเหมาะสมทันที ผู้วิจัยผู้สนับสนุนการวิจัย ยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่านทั้งหมด

ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการวัดและวิเคราะห์อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายในขณะออกกำลังกาย (VO₂ max) คือ ค่าที่แสดงถึงการที่ร่างกายความสามารถในการนำออกซิเจนจากอากาศเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อส่งไปเลี้ยงอวัยวะและกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานอยู่ได้สูงสุดเท่าใด ในทางทฤษฎีหากค่าพบว่ามีปริมาณค่า VO₂max สูง จะสามารถสะท้อนถึงประสิทธิภาพหรือขีดความสามารถในการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจนที่ดี และสามารถนำค่า VO₂max ประกอบการวางแผนการออกกำลังกายหรือติดตามผลของโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพทางกายได้

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ

จะไม่มี การระบุชื่อของผู้ร่วมวิจัย มีเพียงหมายเลขระบุลำดับการเข้าร่วมการวิจัยเท่านั้น รวมทั้งการเสนอผลการวิจัยจะดำเนินการเสนอข้อมูลเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงผู้เข้าร่วมวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย อาทิ ตัวอย่างสารชีวภาพจากผู้เข้าร่วมการวิจัย ได้แก่ เลือด เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิเคราะห์ตัวแปรในงานวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะทำลายเลือดส่วนที่เหลือทั้งหมดตามขั้นตอนมาตรฐานของการกำจัดตัวอย่างทางชีวภาพ

การแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับเงินค่าพาหนะเดินทาง/ ค่าเสียเวลา ในการมาทดสอบทุกครั้ง ครั้งละ 500 บาท รวมทั้งหมด 4 ครั้ง รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน)

การเข้าร่วมการวิจัยเป็นไปโดยสมัครใจ

ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วม หรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ และไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

หากมีข้อสงสัย

โปรดสอบถามเพิ่มเติมจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในการวิจัยต่อหรือไม่

หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าว

สามารถร้องเรียนได้ที่ 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

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว
จึงลงนามยินยอม/ยินยอมด้วยวาจา เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้
1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ.....

(นายรัฐพงษ์ สีพิกา)

ผู้วิจัยหลัก

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

วันที่...../...../.....

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

แบบประเมินออนไลน์ระบบคัดกรอง Covid-19 ของกรุงเทพมหานคร (BBK Covid-19)

ตัวอย่างแบบประเมินออนไลน์

กรุณาให้ข้อมูลตามความเป็นจริงเพื่อประโยชน์ของท่าน

*** เฉพาะผู้อาศัยอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เท่านั้น ***

1. ประวัติเสี่ยง (ในช่วงเวลา 14 วันก่อนเริ่มป่วย)

1.1 มีประวัติเดินทางมาจากต่างประเทศที่เกิดโรค COVID-19 (ภายในระยะเวลา 14 วันที่ผ่านมา) *

ใช่ ไม่ใช่

1.2 มีประวัติเดินทางมาจาก หรือ อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการรายงานโรค COVID-19 ในช่วง 14 วันที่ผ่านมา *

ใช่ ไม่ใช่

1.3 สัมผัสกับผู้ติดเชื้อเข้าข่ายหรือผู้ผลตรวจ ATK เป็นบวก ในช่วง 14 วัน *

ใช่ ไม่ใช่

1.4 มีประวัติไปสถานที่ชุมนุมชน หรือสถานที่ที่มีการรวมกลุ่มกิจกรรมเป็นจำนวนมาก เช่น ร้านอาหารกึ่งผับบาร์ ตลาดนัด ห้างสรรพสินค้า สถานพยาบาล ชนส่งสาธารณะ งานเลี้ยง คอนเสิร์ต หรือ ชุมชนทางการเมือง สนามกีฬา สถานที่ออกกำลังกาย สถานบันเทิงและโรงภาพยนตร์ ที่มีผู้ป่วยยืนยันหรือผู้ติดเชื้อเข้าข่ายหรือผู้ผลตรวจ ATK เป็นบวก ในช่วง 14 วัน *

ใช่ ไม่ใช่

1.5 มีประวัติดูแลผู้มีอาการติดเชื้อระบบทางเดินหายใจหรืออาการปอดอักเสบ *

ใช่ ไม่ใช่

1.6 อยู่ใกล้ชิดกับผู้ป่วยยืนยัน COVID-19 (ใกล้กว่า 1 เมตร นานเกิน 5 นาที ไม่ใส่หน้ากากอนามัย) *

ใช่ ไม่ใช่

1.7 ประกอบอาชีพที่สัมผัสใกล้ชิดกับแรงงานต่างชาติ สถานที่แออัด หรือติดต่อคนจำนวนมาก เช่น แคมป์คนงานก่อสร้าง ตลาด *

ใช่ ไม่ใช่

2. อุณหภูมิหรือประวัติว่ามีไข้

2.1 มีไข้ *

ใช่ ไม่ใช่

2.2 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) (ถ้ารู้)

3. มีอาการทางเดินหายใจ

3.1 ไอ *

ใช่ ไม่ใช่

3.2 มีน้ำมูกหรือมีเสมหะ *

ใช่ ไม่ใช่

3.3 เจ็บคอ *

ใช่ ไม่ใช่

3.4 จมูกไม่ได้กลิ่น *

ใช่ ไม่ใช่

3.5 ลิ้นไม่รับรส *

ใช่ ไม่ใช่

3.6 หายใจเร็ว หรือ หายใจเหนื่อย หรือ หายใจลำบาก *

ใช่ ไม่ใช่

ที่มา: (กองบริการระบบคอมพิวเตอร์, สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผลกรุงเทพมหานคร, 2565)

ภาคผนวก ฉ

แบบคัดกรอง

อาสาสมัคร รหัสที่ _____
วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

คำชี้แจง: ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม โดยการทำสัญลักษณ์ ลงใน หรือเขียนข้อความลงใน _____ (ช่องว่าง) ให้สมบูรณ์ และครบถ้วน

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1) วัน/ เดือน/ ปี เกิด _____ อายุ _____ ปี _____ เดือน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ

1) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

ไม่มี มี โปรดระบุ _____

2) ท่านมีอาการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการวิ่งหรือไม่

ไม่มี มี โปรดระบุ _____

3) จำนวนชั่วโมงของการฝึกซ้อมวิ่งต่อสัปดาห์

ฝึกซ้อมวิ่งไม่ถึง 3 ชั่วโมง ฝึกซ้อม 3 ถึง 15 ชั่วโมง

4) ท่านเข้าร่วมรายการวิ่งฮาร์ฟมาราธอน (Half marathon) อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

ใช่ ไม่ใช่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) ท่านไม่รับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางการกีฬา ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา

ใช่ ไม่ใช่

6) ท่านไม่สูบบุหรี่

ใช่ ไม่ใช่

7) ท่านมีการรับประทานเครื่องดื่มกาแฟวันละกี่แก้ว

1 แก้ว มากกว่า 1 แก้ว

ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองการวิจัย

1) หากท่านได้รับคัดเลือกเพื่อเป็นอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมวิจัย ท่านสามารถมาทำการทดสอบครบตามที่ผู้วิจัยกำหนด ทั้งนี้จะมีการนัดหมายเวลากับท่านล่วงหน้าทุกครั้ง

- สามารถมาเข้าร่วมการทดสอบได้ ○ ไม่สามารถมาเข้าร่วมการทดสอบได้
- 2) ท่านสามารถงดอาหารและเครื่องดื่มที่ผสมคาเฟอีน (Caffeine) 24 ชั่วโมง ก่อนเข้าร่วมการทดลอง
แต่ละครั้ง
- ได้ ○ ไม่ได้
- 3) ท่านสามารถให้นักเทคนิคการแพทย์หรือพยาบาล เก็บตัวอย่างเลือดได้
- ได้ ○ ไม่ได้
- 4) ในการทดลองการวิจัย ท่านสามารถวิ่งต่อเนื่องระยะเวลา 2 ชั่วโมงได้
- ได้ ○ ไม่ได้

ตอนที่ 4 ข้อมูลด้านสมรรถภาพทางกาย

- 1) น้ำหนัก _____ กิโลกรัม (kg) ส่วนสูง _____ เมตร (m)
- 2) ดัชนีมวลกาย (BMI) เท่ากับ _____ กิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2)
- 3) อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เท่ากับ _____ มิลลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อนาที
($\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$)
- 4) ความเร็ว ณ จุดเริ่มล้าที่ 1 (VT_1) เท่ากับ _____ กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h)

ภาคผนวก ข

การประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย

(Physical Activity Readiness Questionnaire; PAR-Q+2019)

อาสาสมัคร/ ผู้ร่วมวิจัย รหัสที่ _____

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

คำชี้แจง

การออกกำลังกาย หรือกิจกรรมทางกาย มีหลักฐานที่ชัดเจนแล้วว่า มีประโยชน์ต่อสุขภาพ คนส่วนใหญ่ควรมีกิจกรรมทางกายในทุกวันของสัปดาห์ การมีกิจกรรมทางกายมีความปลอดภัย สำหรับประชาชนส่วนใหญ่ แบบสอบถามนี้จะบอกได้ว่า มีความจำเป็นที่จะขอคำแนะนำเพิ่มเติมจาก แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกกำลังกาย ก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายที่หนักขึ้นจากเดิมที่เคยมี กิจกรรมทางกาย หรือไม่ โปรดอ่านคำถาม 7 ข้อ ด้านล่างอย่างถี่ถ้วนและตอบด้วยความสัตย์จริงว่า ใช่ หรือไม่ใช่ โดยการทำสัญลักษณ์ v ลงใน o

ข้อ	รายละเอียดการประเมิน	ใช่	ไม่ใช่
1	คุณเคยได้รับทราบจากแพทย์ว่า เป็นโรคเกี่ยวกับ โรคหัวใจ หรือความดันโลหิตสูง	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	คุณรู้สึกเจ็บที่หน้าอกในขณะที่พัก หรือระหว่างมีกิจกรรมในชีวิตประจำวัน หรือระหว่างการออกกำลังกาย	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยเวียนศีรษะจนเสียการทรงตัว หรือเป็นลมไม่รู้สึกตัว หรือไม่ (ในกรณีที่ออกกำลังกายอย่างหนักจนทำให้หายใจเร็วแล้วตามด้วยการเวียนศีรษะ ให้ตอบว่า ไม่ใช่)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	คุณได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเรื้อรังนอกเหนือจากโรคหัวใจหรือโรคความดันโลหิตสูง หรือไม่ ถ้าตอบว่าใช่ ให้ระบุว่าเป็นโรคเรื้อรัง _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	ปัจจุบันคุณได้รับประทานยาเพื่อรักษาโรคเรื้อรัง หรือไม่ โปรดระบุเงื่อนไขและยาที่ได้รับ _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	ปัจจุบัน หรือในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณมีปัญหาเรื่องกระดูกและข้อหรือกล้ามเนื้อเส้นเอ็นซึ่งอาการจะแย่ลงเมื่อมีกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น (ในกรณีที่คุณมีปัญหาโรคกระดูก ข้อ กล้ามเนื้อ หรือเส้นเอ็นในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา แต่ปัจจุบันภาวะดังกล่าวได้หายไปแล้ว และไม่มีผลต่อ ความสามารถต่อการออกกำลังกายหรือกิจกรรมทางกายในปัจจุบันให้ตอบ ไม่ใช่)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	แพทย์เคยบอกคุณว่า คุณควรได้รับคำแนะนำก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายหรือการออกกำลังกาย	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ถ้าตอบ ไม่ใช่ ทุกข้อ คุณสามารถที่จะออกกำลังกายได้และปฏิบัติดังนี้

- 1) ให้เริ่มการมีกิจกรรมทางกายที่เพิ่มขึ้น โดยค่อยๆ เพิ่มความหนักของการมีกิจกรรมทางกาย
- 2) ให้คุณออกกำลังกายให้สอดคล้องกับอายุตามแนวทางของ International physical activity guideline คุณควรที่จะได้รับการประเมินสมรรถภาพทางกายและประเมินสุขภาพ/ ตรวจสุขภาพประจำปี
- 3) ถ้าคุณอายุมากกว่า 45 ปี และไม่ได้ฝึกซ้อมออกกำลังกายความหนักมาก่อน ให้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายก่อนไปร่วมกิจกรรมทางกายที่มีความหนัก
- 4) ถ้าคุณมีปัญหาเกี่ยวกับกิจกรรมทางกายให้สอบถามแพทย์ หรือผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกาย

คำประกาศของผู้สมัครเข้าร่วมกิจกรรมทางกาย (Participant Declaration)

ข้าพเจ้า ผู้ซึ่งลงนามในคำประกาศนี้ได้ อ่าน เข้าใจ โดยตอบคำถามทั้งหมดอย่างเต็มใจและตระหนักเป็นอย่างดี ว่าคำประกาศนี้จะใช้ได้ภายใน 12 เดือน นับจากวันที่ได้ตอบแบบสอบถามและจะไม่มีผลในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของเงื่อนไข ข้าพเจ้ายินยอมที่จะให้ผู้จัด/ ศูนย์ฝึกกิจกรรมทางกายได้สำเนาเอกสารนี้เก็บไว้อีกฉบับ โดยผู้จัด/ ศูนย์ฝึกกิจกรรมทางกายต้องไม่นำข้อมูลไปเปิดเผย และปฏิบัติตามการรักษาความลับตามที่กฎหมายกำหนด

ที่มา: ปรับปรุงจาก (กระทรวงสาธารณสุข, กรมอนามัย, 2562; ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล, 2562)

ภาคผนวก ช

แบบบันทึกการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ($VO_2\max$)

อาสาสมัครหมายเลข _____

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____ เวลา _____

อายุ _____ ปี น้ำหนัก _____ km ส่วนสูง _____ m.

ดัชนีมวลกาย (BMI) เท่ากับ _____ kg/m^2

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (220-อายุ) _____ bpm.

ชีพจรขณะพัก _____ bpm.

ความดันโลหิตขณะพัก _____ mmHg.

ใช้เวลาในการทดสอบ _____ นาที

ค่า $VO_2\max$ _____ $mL/kg/min$

ความเร็วที่ใช้ในการวิ่ง $vVO_2\max$ _____ km/h

ความเร็ว ณ จุดเริ่มลำที่ 1 (VT_1) เท่ากับ _____ km/h



ลงชื่อ _____

ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฅ
แบบบันทึกการรับประทานอาหาร

อาสาสมัคร/ ผู้ร่วมวิจัย รหัสที่ _____

คำชี้แจง : บันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน ก่อนเข้าร่วมการทดสอบ โดยขอให้การรับประทาน
อาหารทั้ง 3 วัน เป็นชนิดของอาหารที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

วันที่ 1 ก่อนมาทดสอบ

มื้ออาหาร	เมนูอาหาร	เมนูเครื่องดื่ม
เช้า		
กลางวัน		
เย็น		

วันที่ 2 ก่อนมาทดสอบ

มื้ออาหาร	เมนูอาหาร	เมนูเครื่องดื่ม
เช้า		
กลางวัน		
เย็น		

วันที่ 3 ก่อนมาทดสอบ

มื้ออาหาร	เมนูอาหาร	เมนูเครื่องดื่ม
เช้า		
กลางวัน		
เย็น		

ที่มา: ปรับปรุงจาก (กระทรวงสาธารณสุข, กรมอนามัย, 2548)

ภาคผนวก ญ

แบบบันทึกการทำกิจกรรมทางกาย

อาสาสมัคร/ ผู้ร่วมวิจัย รหัสที่ _____

คำชี้แจง : บันทึกการทำกิจกรรมทางกาย 3 วัน ก่อนเข้าร่วมการทดสอบ โดยขอให้ทั้ง 3 วันมีกิจกรรมทางกายใกล้เคียงกันมากที่สุด

วันที่ 1 ก่อนมาทดสอบ

ช่วงเวลา	กิจกรรมทางกาย
เช้า	
กลางวัน	
เย็น	

วันที่ 2 ก่อนมาทดสอบ

ช่วงเวลา	กิจกรรมทางกาย
เช้า	
กลางวัน	
เย็น	

วันที่ 3 ก่อนมาทดสอบ

ช่วงเวลา	กิจกรรมทางกาย
เช้า	
กลางวัน	
เย็น	

ภาคผนวก ก
แบบบันทึกผลทดลองการวิจัย

อาสาสมัครหมายเลข _____ ทดสอบครั้งที่ _____

เป็นการทดลองรูปแบบ PRE+DURCAF PRECAF PLA

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____ เวลา _____

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (220-อายุ) _____ bpm.

ชีพจรขณะพัก _____ bpm. ความดันโลหิตขณะพัก _____ mmHg.

ตารางบันทึกข้อมูลตัวแปร

ขณะพักก่อนวิ่ง									
ครั้งที่	นาทีที่	HR	RPE	FFA	Caffeine	Lactate	Glucose	GI	Weight
1	0								
2	60								
วิ่งด้วยระดับความหนักที่ VT ₁									
ครั้งที่	นาทีที่	HR	RPE	FFA	Caffeine	Lactate	Glucose	GI	Weight
3	30								
4	60								
5	90								
6	120								

รวมเวลาที่วิ่งจนเหนื่อยหมดแรง _____ ชั่วโมง _____ นาที

ปริมาณน้ำที่ดื่มระหว่างการทดสอบ _____ มิลลิลิตร

ปริมาณการสูญเสียเหงื่อ _____ มิลลิลิตร

ตารางของช่องสี่เหลี่ยมสีทึบ _____ หมายถึง ไม่ต้องการกรอกข้อมูล

ลงชื่อ _____

ผู้วิจัย

ภาคผนวก ก

มาตรวัดอาการแสดงทางระบบทางเดินอาหารแบบวิซวลอนาล็อก (Visual analogue scale)

ผู้ร่วมวิจัยหมายเลข _____

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____ เวลา _____

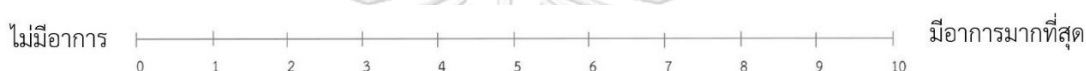
คำชี้แจง: โปรดระบุระดับความรู้สึกต่ออาการทางระบบทางเดินอาหาร

ครั้งที่ 1 ก่อนรับประทานอาหารเสริมครั้งแรก

อาการปวดท้อง (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการท้องอืด (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการคลื่นไส้ (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



ครั้งที่ 2 หลังจากนั่งพักนาที่ที่ 60 นาที ก่อนวิ่ง

อาการปวดท้อง (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการท้องอืด (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการคลื่นไส้ (หน่วย: เซนติเมตร; cm)

ครั้งที่ 3 หลังจากวิ่งในระดับความหนัก VT₁ นาที่ที่ 30

อาการปวดท้อง (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการท้องอืด (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการคลื่นไส้ (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



ครั้งที่ 4 หลังจากวิ่งในระดับความหนัก VT_1 นานที่ 60 และเป็นเวลา ณ ขณะที่ได้รับประทานอาหารเสริมครั้งที่สองแล้ว 15 นาที

อาการปวดท้อง (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการท้องอืด (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการคลื่นไส้ (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



ครั้งที่ 5 หลังจากวิ่งในระดับความหนัก VT_1 นานที่ 90

อาการปวดท้อง (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการท้องอืด (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการคลื่นไส้ (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



ครั้งที่ 6 หลังจากวิ่งในระดับความหนัก VT_1 นาทีที่ 120

อาการปวดท้อง (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการท้องอืด (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



อาการคลื่นไส้ (หน่วย: เซนติเมตร; cm)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก รฐ
แบบประเมินระดับความรู้สึกรู้สึกต่อความเหนื่อยล้าของบอร์ก ฉบับภาษาไทย

ผู้ร่วมวิจัยหมายเลข _____

เป็นการทดลองกลุ่ม PRE+DURCAF PRECAF PLA

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____ เวลา _____

คำชี้แจง : โปรดระบุระดับความรู้สึกเหนื่อยล้าของท่านตามตารางด้านล่าง โดยบอกเป็นตัวเลขตั้งแต่ 6 - 20

ระดับ	ความรู้สึก
6	รู้สึกสบาย
7	
8	
9	ไม่เหนื่อย
10	
11	เริ่มรู้สึกเหนื่อย
12	
13	ค่อนข้างเหนื่อย
14	
15	เหนื่อย
16	
17	เหนื่อยมาก
18	
19	เหนื่อยที่สุด
20	

ที่มา: ปรับปรุงจาก (ภาริส วงศ์แพทย์, ฉัฐยา จิตประไพ, วิศาล คันธารัตนกุล และวารี จิรอดิษฐ์, 2541)

ภาคผนวก ข

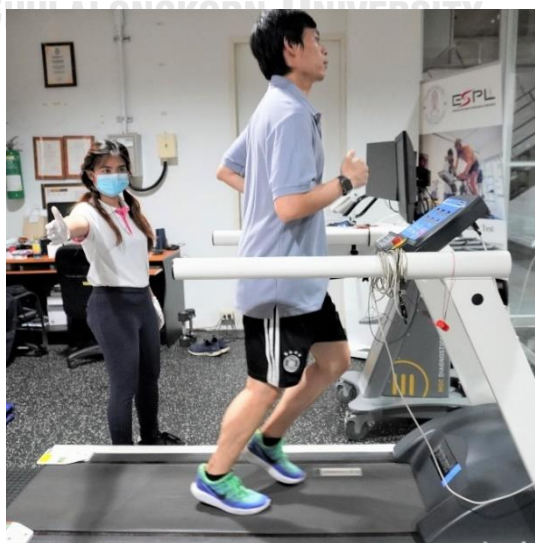
ทำยีนางขาพร้อมมาตรการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุขณะเจาะเลือด

เพื่อให้การเจาะเลือดขณะทำการทดลองเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และลดความเสี่ยงต่อการหน้ามืด เป็นลม หรือหกล้มขณะเจาะเลือด ผู้วิจัยดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ให้ผู้ร่วมวิจัยวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ตามความเร็วที่กำหนดในการทดลอง



2. ในขณะที่ผู้ร่วมวิจัยเตรียมตัวเพื่อกระโดดจะมีผู้ช่วยนักวิจัย คือ นิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการยืนอยู่ด้านข้างลู่วิ่งไฟฟ้า พร้อมทั้งยื่นแขนออกไปกั้นไว้บริเวณด้านหลังของผู้วิจัย



3. ให้ผู้ร่วมวิจัยจับราวด้านข้างของลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างมั่นคง



4. ให้ผู้ร่วมวิจัยทำการกระโดดขึ้นกางขาและวางเท้าไว้บริเวณด้านข้างที่ปักเท้าของลู่วิ่งไฟฟ้า ขณะเดียวกันผู้ช่วยวิจัยยื่นมือประคองบริเวณหลังของผู้ร่วมวิจัยเพื่อให้ผู้ร่วมวิจัยทรงตัวได้ดียิ่งขึ้น



5. ให้ผู้ร่วมวิจัยยืนกางขาอย่างมั่นคง ขณะเดียวกันผู้ช่วยวิจัย ใช้มือประคองให้ผู้ร่วมวิจัยทรงตัวให้ดีที่สุด และให้ผู้วิจัยจับราวด้านข้างของกลุ่มไฟฟ้าให้แน่น



6. เมื่อผู้ร่วมวิจัยยืนนิ่งและมั่นคงดีแล้ว ให้ส่งแขนให้ผู้ช่วยวิจัยที่เป็นนักเทคนิคการแพทย์ จากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จับตัวอย่างเลือด



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายรัฐพงษ์ สีพิกา
วัน เดือน ปี เกิด	19 กรกฎาคม 2534
สถานที่เกิด	ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านทุ่ง จ.อุตรธานี มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชัยนาคำวิทยา จ.อุตรธานี มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ. สกลนคร ปริญญาบัณฑิต วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	195 หมู่ 8 ต.บ้านชัย อ. บ้านดุง จ. อุตรธานี 41190