

ผลของการรับประทานไอซ์บาร์ต่อการตอบสนองด้านการควบคุมอุณหภูมิภายในสภาวะแวดล้อมที่หนาวเย็น: การศึกษานำร่องเปรียบเทียบระหว่างเพศ

ปรัชญา ยาวิลี^{1*}, จุฑามาศ สุระพงษ์ชัย¹

และ กชกร จำเริญเกตุประทีป²

คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม¹

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม²

บทคัดย่อ

การศึกษานำร่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินแนวโน้มและเปรียบเทียบผลของการรับประทานไอซ์บาร์ (Ice bar) ต่อการตอบสนองด้านการควบคุมอุณหภูมิภายในสภาวะแวดล้อมที่หนาวเย็น กลุ่มตัวอย่างสุขภาพดีจำนวน 2 คน (ชาย 1 คน หญิง 1 คน) เข้ารับการทดสอบในห้องควบคุมสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส โดยรับประทานไอซ์บาร์ปริมาณ 4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในระยะก่อนออกกำลังกาย (Pre-cooling) 30 นาที จากนั้นวิ่งบนลู่วิ่งกลิ้งที่ความหนักร้อยละ 70 ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (70% VO₂ peak) เป็นเวลา 45 นาที และวิ่งต่อเนื่องจนถึงจุดอ่อนล้า (Time to exhaustion: TTE) ตามด้วยการพักผ่อนและรับประทานไอซ์บาร์ซ้ำอีก 30 นาที (Post-cooling) โดยมีการบันทึกอุณหภูมิแกนกลางกาย อุณหภูมิผิวหนัง อัตราการเต้นของหัวใจ ความรู้สึกรับรู้ทางอุณหภูมิ ความรู้สึกสบายทางความร้อน และระดับความรู้สึกเหนื่อยล้า (RPE) ตลอดการทดสอบ ผลการวิจัยในระยะ Pre-cooling พบว่าเพศชายมีแนวโน้มอุณหภูมิแกนกลางกายลดลงเร็วกว่าเพศหญิง ในขณะที่เพศหญิงรายงานความรู้สึกหนาวเย็นและไม่สบายตัวมากกว่าอย่างชัดเจน ระหว่างการออกกำลังกาย เพศชายมีอุณหภูมิแกนกลางกายและอัตราการเต้นของหัวใจสะสมสูงกว่า แต่เพศหญิงมีอุณหภูมิผิวหนังที่สูงกว่าและมีระดับ RPE เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับ 9 (เทียบกับเพศชายที่ระดับ 5) ด้านสมรรถภาพการออกกำลังกาย เพศชายมีระยะเวลา TTE นานกว่าเพศหญิงเล็กน้อย (2.14 และ 1.46 นาที ตามลำดับ) และในระยะ Post-cooling เพศชายแสดงอัตราการลดลงของอุณหภูมิแกนกลางกายที่รวดเร็วกว่า สรุปได้ว่าการรับประทานไอซ์บาร์ในสภาวะแวดล้อมที่หนาวเย็นสะท้อนให้เห็นแนวโน้มความแตกต่างระหว่างเพศในการตอบสนองทางสรีรวิทยาและจิตสรีรวิทยา โดยเพศหญิงมีความไวต่อความรู้สึกหนาวเย็นและเหนื่อยล้ามากกว่า ข้อมูลเบื้องต้นนี้ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของรูปแบบการทดลอง และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ต่อไป

สำคัญ: ไอซ์บาร์, การควบคุมอุณหภูมิภายใน, ความแตกต่างระหว่างเพศ, สภาพแวดล้อมเย็น

Corresponding Author: นายปรัชญา ยาวิลี คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล ประเทศไทย

Email: Prachya.yws@gmail.com

THE EFFECTS OF ICE BAR INGESTION ON THERMOREGULATORY RESPONSES IN A COLD ENVIRONMENT: A PILOT STUDY OF SEX DIFFERENCES

Prachya Yawisit^{1*}, Juthamard Surapongchai¹,
and Kotchakorn Jumroenketpratheap²

Faculty of Physical Therapy, Mahidol University, Nakhon Pathom¹

College of Sports Science and Technology, Mahidol University, Nakhon Pathom²

Abstract

This pilot study aimed to evaluate the trends and compare the effects of ice bar ingestion on thermoregulatory responses and exercise performance between males and females in a cold environment. Two healthy participants (1 male, 1 female) underwent testing in an environmental chamber maintained at 18 °C. Participants ingested ice bars (4 g/kg body weight) during a 30-minute pre-cooling phase, followed by 45 minutes of treadmill running at 70% of peak oxygen uptake (70% VO₂ peak) and a subsequent time to exhaustion (TTE) trial. A 30-minute post-cooling phase with identical ice bar ingestion followed. Core temperature, skin temperature, heart rate, thermal sensation, thermal comfort, and rating of perceived exertion (RPE) were continuously monitored throughout the protocol. During pre-cooling, the male exhibited a faster decline in core temperature, whereas the female reported substantially greater thermal discomfort and colder sensations. During exercise, the male accumulated a higher core temperature and heart rate, while the female presented a higher skin temperature and a rapid increase in RPE, reaching a peak of 9 (compared to 5 in the male). Regarding exercise performance, the male demonstrated a slightly longer TTE than the female (2.14 vs. 1.46 min). Post-cooling revealed a faster core temperature recovery trend in the male. In conclusion, ice bar ingestion in a cold environment demonstrated distinct sex-related trends in physiological and psychophysiological responses, with the female displaying higher sensitivity to cold and perceived exertion. These preliminary findings confirm protocol feasibility and provide foundational data for sample size calculation in future full-scale trials. Keywords: Ice bar, Thermoregulation, Sex differences, Cold environment.

Corresponding Author: Mr. Prachya Yawisit, Faculty of Physical Therapy, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand, Email: Prachya.yws@gmail.com

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากความร้อนที่เป็นอันตรายถึงชีวิต (Apiratwarakul et al., 2024; Ballester et al., 2023; Zhao et al., 2021) โดยทั่วไปภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนมักเกิดจากการทำกิจกรรมหรือทำงานหนักในสภาพอากาศร้อน (Dong et al., 2019) แต่งานวิจัยพบว่าภาวะตัวร้อนเกิน (Hyperthermia) และโรคลมแดดจากการออกกำลังกาย (Exertional heat stroke) สามารถเกิดขึ้นได้ในสภาพแวดล้อมที่หนาวเย็นเช่นกัน โดยเฉพาะในกลุ่มนักกีฬา บุคลากรทางทหาร และคนงานกลางแจ้ง ปรากฏการณ์นี้เกิดจากการทำกิจกรรมที่มีความหนักสูงร่วมกับการแบกรับน้ำหนักภายนอก หรือการสวมใส่ชุดป้องกันที่หนาห่อหุ้ม ซึ่งขัดขวางการระบายความร้อนและกักเก็บความร้อนไว้ภายในร่างกายแม้อุณหภูมิแวดล้อมจะต่ำก็ตาม (Périard et al., 2022; Rintamäki & Rissanen, 2006; Rissanen & Rintamäki, 2007; Roberts, 2006) เพื่อรับมือกับความเครียดจากความร้อน การลดอุณหภูมิจากภายในร่างกาย (Internal cooling) เช่น การรับประทานน้ำแข็งเกล็ดหิมะ (Ice slurry) หรือเกล็ดน้ำแข็ง ถือเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิแกนกลางกายและช่วยยืดระยะเวลาการออกกำลังกายจนถึงจุดอ่อนล้า (Time-to-exhaustion) เนื่องจากสถานะของแข็งช่วยเพิ่มแหล่งรองรับความร้อน (Heat sink) ผ่านความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (Andrade et al., 2024; Jay & Morris, 2018; Morito et al., 2022; Naito et al., 2022; Onitsuka et al., 2018) ทั้งนี้ ไอซ์บาร์ชนิดไอโซโทนิก (Isotonic ice bar) เป็นทางเลือกที่น่าสนใจอย่างยิ่งในเชิงระเบียบวิธีวิจัย เนื่องจากสามารถควบคุมปริมาณและส่วนประกอบได้อย่างแม่นยำกว่าการใช้เกล็ดน้ำแข็งทั่วไป ทำให้การลดอุณหภูมิบริเวณช่องปากและทางเดินอาหารมีความสม่ำเสมอและสามารถทำซ้ำได้ (Naito et al., 2017; Naito & Ogaki, 2017; Roriz et al., 2022)

แม้ว่าการลดอุณหภูมิจากภายในร่างกายจะได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางถึงประโยชน์ในสภาพแวดล้อมที่ร้อน แต่ยังมีช่องว่างการวิจัยที่สำคัญเกี่ยวกับผลกระทบของวิธีการดังกล่าวในสภาพแวดล้อมที่เย็น ซึ่งปัจจุบันยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาและสมรรถภาพความทนทาน (McDermott et al., 2009) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลลัพธ์ทางสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานไอซ์บาร์ชนิดไอโซโทนิกระหว่างการออกกำลังกายที่ยาวนานในสภาพแวดล้อมที่เย็น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเชิงประจักษ์ในการรักษาสมรรถภาพและความปลอดภัยสำหรับนักกีฬา บุคลากรทางทหาร และผู้ที่ต้องปฏิบัติงานในสภาพอากาศเย็นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลของรูปแบบทางกายภาพที่แตกต่างกันของเครื่องดื่มไอโซโทนิก ได้แก่ ไอซ์บาร์ (ice bar), ไอซ์สลัซซี (ice slurry) มีองค์ประกอบเหมือนกัน ต่อการตอบสนองด้านการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (thermoregulatory responses) และสมรรถภาพทางกายในระหว่างการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ

สมมติฐานของการวิจัย

1. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการตอบสนองด้านการควบคุมอุณหภูมิกาย การรับรู้ความรู้สึก หรือสมรรถภาพทางกาย ระหว่างรูปแบบของการรับประทานไอซ์บาร์ และน้ำแข็งเกล็ด
2. เพศชายและเพศหญิงจะมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกัน โดยภายใต้สภาพแวดล้อมเย็น

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและไขว้กลุ่ม (Randomized, crossover design) โดยมุ่งเน้นศึกษาประเด็นด้านสมรรถภาพการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่เย็น (อุณหภูมิ 18 ± 1 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50) อาสาสมัครจะเข้าร่วมการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งประกอบด้วยการออกกำลังกาย ความหนักระดับสูงขณะสวมชุดจำกัดการระบายความร้อน (Heat-restricted suit) ภายในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อม

ในแต่ละการทดสอบ อาสาสมัครจะได้รับประทานสิ่งแทรกแซงที่มีส่วนประกอบเดียวกันใน 3 รูปแบบ ได้แก่ ไอซ์บาร์ (Ice bar) น้ำแข็งเกล็ดหิมะ (Ice slurry) และเครื่องดื่มรูปแบบของเหลว (Liquid form) ในปริมาณ 4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในช่วงก่อนการออกกำลังกาย และอีก 4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในช่วงหลังการออกกำลังกาย โดยจะควบคุมให้รับประทานในปริมาตรและเวลาที่เท่ากันทั้งหมด ลำดับของการทดสอบแต่ละรูปแบบจะถูกสุ่มโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer-generated sequence) ทั้งนี้ การทดสอบแต่ละครั้งจะดำเนินการในเวลาเดียวกันของวัน โดยเว้นระยะห่างระหว่างการทดสอบแต่ละครั้งอย่างน้อย 3 วัน **ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง**

อาสาสมัครในงานวิจัยนี้เป็นบุคคลที่มีสุขภาพดี สัญชาติไทย อายุระหว่าง 20-35 ปี แบ่งเป็นเพศชาย (จำนวน 1 คน) และเพศหญิง (จำนวน 1 คน) โดยมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria) ดังนี้ (1) มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ระหว่าง 18.5-24.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (2) มีประวัติการออกกำลังกายประเภทแอโรบิกในระดับความหนักปานกลางถึงหนัก อย่างน้อย 30 นาทีต่อครั้ง จำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ ในระยะเวลา 3 เดือน ก่อนเข้าร่วมการวิจัย (3) ไม่เป็นนักกีฬาระดับอาชีพ หรือนักกีฬากลุ่มฮาล์ฟมาราธอน มาราธอน และวิ่งเทรล (4) อาสาสมัครต้องไม่มีประวัติความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกที่ส่งผลกระทบหรือจำกัดรูปแบบการเคลื่อนไหวตามปกติ ไม่มีโรคประจำตัว และไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการดื่มน้ำเย็นหรือน้ำแข็ง

เครื่องมือการวิจัย

1. อุปกรณ์สำหรับการทดลองและควบคุมสภาวะแวดล้อม

- 1.1. ห้องควบคุมสภาวะแวดล้อม ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ตลอดระยะเวลาการทดสอบ โดยกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 18 ± 1 °C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50
- 1.2. ลู่วิ่ง ใช้สำหรับควบคุมความเร็วและความชันในการออกกำลังกายและทดสอบสมรรถภาพทางกาย

2. เครื่องมือสำหรับการตรวจวัดทางสรีรวิทยา

- 2.1. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซขณะหายใจ ใช้สำหรับการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อประเมินค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดความหนักของการออกกำลังกายของ
- 2.2. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (Core Temperature) แคปซูลวัดอุณหภูมิทางเดินอาหาร ใช้สำหรับบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนกลางกายอย่างต่อเนื่อง โดยทำการบันทึกข้อมูลทุก 30 วินาที
- 2.3. เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิผิวหนัง (Skin Temperature Sensor) ใช้สำหรับติดตั้งบริเวณผิวหนังในตำแหน่ง ได้แก่ หน้าอก แขน หน้าขา และน่อง ด้านขวา เพื่อตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิผิวหนังทุก 1 นาที
- 2.4. เครื่องตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Monitor) ใช้สำหรับติดตามและบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจทุก 1 นาที ตลอดกระบวนการทดสอบ โดยใช้ Polar H10
- 2.5. เครื่องชั่งน้ำหนักตัวมาตรฐาน ใช้สำหรับบันทึกน้ำหนักตัวของอาสาสมัครก่อนและหลังการทดสอบ เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการสูญเสียเหงื่อ (Sweat rate)

3. เครื่องมือสำหรับการประเมินทางความรู้สึกทางสรีรวิทยา

- 3.1. แบบประเมินระดับความรู้สึกเหนื่อยล้า (Rating of Perceived Exertion) ใช้มาตราวัดของ Borg scale 1-10 เพื่อประเมินระดับความเหนื่อยล้าของอาสาสมัครในทุกๆ 5 นาที
- 3.2. แบบประเมินความรู้สึกรับรู้ทางอุณหภูมิ (Thermal Sensation Scale) เพื่อประเมินความรู้สึกรับรู้ต่อความร้อนหรือความเย็นในทุกๆ 5 นาที
- 3.3. แบบประเมินความรู้สึกสบายทางความร้อน (Thermal Comfort Scale) เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจต่อสภาวะแวดล้อมทางอุณหภูมิในทุกๆ 5 นาที

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครทุกคนจะต้องผ่านการชี้แจงรายละเอียดและลงนามแสดงความยินยอมก่อนเข้าร่วมโครงการ โดยกระบวนการวิจัยทั้งหมดได้รับการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหิดล (MU-CIRB) รหัสโครงการ 2026/001.0501 นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างได้รับการคุ้มครองสิทธิ ตามมาตรฐานจริยธรรมการวิจัย โดยสามารถปฏิเสธหรือขอถอนตัวจากการศึกษาได้ตลอดเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบ

ต่อสิทธิที่พึงได้รับ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามหลักจริยธรรมอย่างเคร่งครัดในทุกขั้นตอน เพื่อรับรองความปลอดภัย ปกป้องความเป็นส่วนตัว และรักษาข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างไว้เป็นความลับสูงสุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูลจัดทำขึ้นภายในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อม (Environmental Chamber) ที่กำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 18 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ตลอดกระบวนการ โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ (Pre-test Preparation)

เมื่ออาสาสมัครรายงานตัว ผู้วิจัยทำการชั่งน้ำหนักตัวก่อนการทดสอบ (Pre-exercise body weight) จากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดทางสรีรวิทยา ได้แก่ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแกนกลางกาย เช่น เซอร์วัดอุณหภูมิผิวหนัง และเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อเตรียมบันทึกข้อมูลพื้นฐาน (Baseline)

2. ระยะเวลาลดอุณหภูมิร่างกายก่อนออกกำลังกาย (Pre-cooling Phase)

อาสาสมัครนั่งพักในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมเป็นเวลา 30 นาที ในระยะนี้อาสาสมัครจะได้รับประทาน ไอซ์บาร์ (Ice bar) ในปริมาณ 4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยแบ่งสัดส่วนการรับประทานออกเป็น 6 ส่วน เท่าๆ กัน และให้รับประทานทุกๆ 5 นาที เพื่อลดอุณหภูมิภายในร่างกายก่อนการออกกำลังกาย

3. ระยะเวลาออกกำลังกาย (Exercise Phase)

กระบวนการออกกำลังกายบนลู่วิ่งกลแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่

3.1 การอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) อาสาสมัครออกกำลังกายที่ระดับความหนักร้อยละ 30 ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 5 นาที

3.2 การออกกำลังกายหลัก (Exercise) อาสาสมัครออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องที่ระดับความหนักร้อยละ 60 ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นระยะเวลา 45 นาที

4. ระยะเวลาทดสอบสมรรถภาพ (Performance Phase)

ต่อเนื่องจากระยะการออกกำลังกายหลัก อาสาสมัครจะยังคงวิ่งบนลู่วิ่งกลที่ระดับความหนักคงที่ จนกระทั่งอาสาสมัครก้าวเข้าสู่ภาวะอ่อนล้าและไม่สามารถออกกำลังกายต่อไปได้ด้วยความสมัครใจ (Volitional exhaustion) ผู้วิจัยทำการบันทึกระยะเวลาทั้งหมด (Time to exhaustion) เพื่อประเมินสมรรถภาพความทนทาน จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักตัวหลังการออกกำลังกาย (Post-exercise body weight)

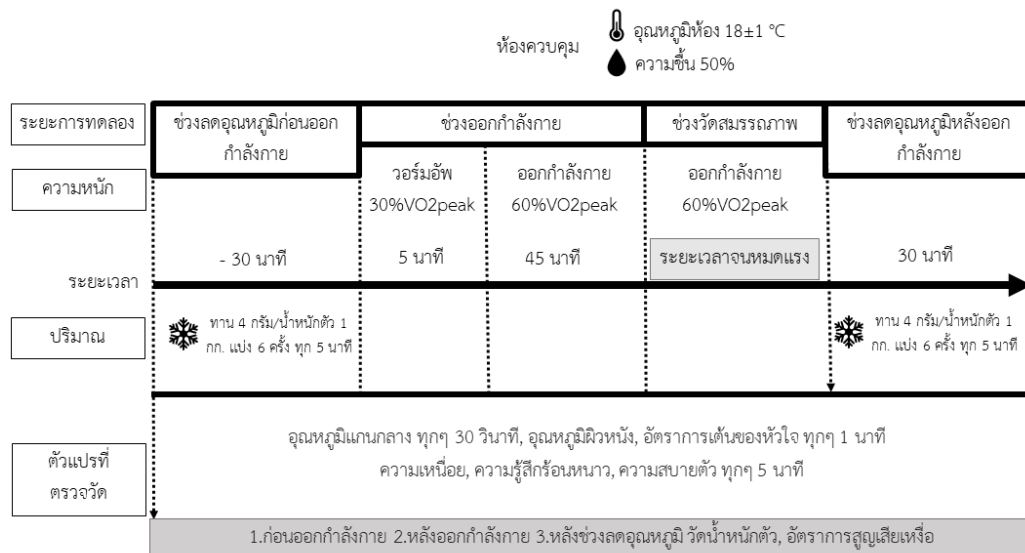
5. ระยะเวลาฟื้นฟูและลดอุณหภูมิร่างกายหลังออกกำลังกาย (Post-cooling Phase)

ภายหลังสิ้นสุดการออกกำลังกาย อาสาสมัครเข้าสู่ระยะพักฟื้นเป็นเวลา 30 นาที โดยอาสาสมัครจะได้รับประทานไอซ์บาร์ในปริมาณ 4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แบ่งเป็น 6 ส่วน ทุกๆ 5 นาที เช่นเดียวกับระยะก่อนออกกำลังกาย เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ ผู้วิจัยทำการชั่งน้ำหนักตัวในระยะสุดท้าย (Post-cooling body weight) เพื่อนำข้อมูลน้ำหนักตัวทั้ง 3 ระยะ ไปคำนวณหาอัตราการสูญเสียเหงื่อ (Sweat rate)

6. การบันทึกข้อมูลระหว่างการทดสอบ (Continuous Data Recording)

ตลอดกระบวนการทดสอบ ผู้วิจัยทำการบันทึกข้อมูลตัวแปรตามระยะเวลาดังนี้

- ทุก 30 วินาที บันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนกลางกาย (Core temperature)
- ทุก 1 นาที บันทึกข้อมูลอุณหภูมิผิวหนัง (Skin temperature) และอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate)
- ทุก 5 นาที ประเมินตัวแปรทางจิตสรีรวิทยา ได้แก่ ระดับความรู้สึกเหนื่อยล้า (RPE) ความรู้สึกรับรู้ทางอุณหภูมิ (Thermal sensation) และความรู้สึกสบายทางความร้อน (Thermal comfort)



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS) ข้อมูลนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) ภายหลังการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test ผู้วิจัยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางชนิดวัดซ้ำ (Two-way Mixed ANOVA) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างและปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและช่วงเวลา (Time $\times$ Sex Interaction) สำหรับตัวแปรที่มีการวัดซ้ำ หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ใช้สถิติทดสอบทีแบบอิสระ (Independent t-test) เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาจนถึงจุดอ่อนล้า (Time to exhaustion) และอัตราการสูญเสียเหงื่อ (Sweat rate) ระหว่างเพศชายและเพศหญิง โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

จากการศึกษานำร่อง (Pilot Study) ในกลุ่มตัวอย่างสุขภาพดีจำนวน 2 คน (เพศชาย 1 คน และเพศหญิง 1 คน) ซึ่งเข้ารับการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่หนาวเย็น (18°C) ภายใต้สภาวะการรับประทานอาหารและน้ำแข็งเกล็ด พบว่าอาสาสมัครสามารถทนต่อการทดสอบได้โดยไม่มียาอาหารไม่พึงประสงค์ทางระบบทางเดินอาหาร เมื่อพิจารณาผลลัพธ์หลักทางสรีรวิทยาพบว่า ในช่วงก่อนออกกำลังกาย สภาวะ ICE-S มีแนวโน้มช่วยลดอุณหภูมิแกนกลางกายผ่านทางเดินอาหาร ได้อย่างสม่ำเสมอในทั้งสองเพศ (ลดลงเฉลี่ย $0.26 \pm 0.08^\circ\text{C}$) ในขณะที่สภาวะ ICE ทำให้ อุณหภูมิแกนกลางของเพศชายลดลงอย่างชัดเจน (-0.40°C) แต่เพศหญิงกลับมีอุณหภูมิ

เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (+0.19 °C) ในระหว่างการออกกำลังกาย เพศชายมีอุณหภูมิแกนกลางสะสมและอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด สูงกว่าเพศหญิงในทั้งสองสภาวะ อย่างไรก็ตาม สภาวะ ICE-S แสดงแนวโน้มในการช่วยรักษาอุณหภูมิผิวหนังเฉลี่ยสูงสุดให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าสภาวะ ICE เล็กน้อย สำหรับด้านสมรรถภาพทางกาย พบความแตกต่างอย่างโดดเด่นระหว่างเพศ โดยสภาวะ ICE-S ช่วยให้เพศหญิงมีระยะเวลาวิ่งจนถึงจุดอ่อนล้า (Time to exhaustion) นานขึ้นอย่างก้าวกระโดด (7.45 นาที เทียบกับสภาวะ ICE 1.46 นาที) ในขณะที่เพศชายทำได้ใกล้เคียงกันและค่อนข้างสั้นในทั้งสองสภาวะ (1.34 - 2.14 นาที) นอกจากนี้ ในด้านผลลัพธ์ทางด้านความรู้สึก อุณหภูมิ พบว่าเพศหญิงมีความไวต่อสภาพแวดล้อมที่หนาวเย็นมากกว่า โดยรายงานความรู้สึกหนาวเย็น (Thermal sensation) ความรู้สึกไม่สบายตัว (Thermal discomfort) และมีระดับความรู้สึกเหนื่อยล้า (RPE) ที่พุ่งสูงขึ้นรวดเร็วและรุนแรงกว่าเพศชายอย่างชัดเจนตลอดการทดสอบ

Details	Males	Females
Age (yrs)	20	21
Weight (kg)	76.38	62.1
High (m)	1.75	1.61
BMI	24.94	23.96
%Fat	13.6	27.2
FM (kg)	10.39	16.89
FFM (kg)	65.99	45.21
BSA (m ²)	1.93	1.67
VO ₂ peak	40.6	31.51 ± 2.46
70%VO ₂ peak	19.46 ± 0.97	17.38 ± 1.28
Speed (kph)	9	9
Incline	1	0
Metabolic heat production	439.43 ± 41.77	318.26 ± 43.87
Metabolic heat production / BSA	240.44 ± 12.68	200.46 ± 19.73

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะทางกายภาพ

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษานำร่องนี้พบว่าสภาวะ ICE และ ICE-S สามารถลดอุณหภูมิแกนกลางผ่านทางเดินอาหาร Tgi ในช่วงก่อนออกกำลังกาย (Pre-cooling) ได้ใกล้เคียงกัน โดยสภาวะ ICE-S มีแนวโน้มลดอุณหภูมิได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากขนาดอนุภาคที่เล็กและพื้นที่ผิวสัมผัสที่มากกว่าของน้ำแข็งเกล็ดหิมะ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (Latent heat of fusion) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจ (Peak HR) และอุณหภูมิผิวหนังเฉลี่ย (Tsk) ในระหว่างการออกกำลังกาย

กายของทั้งสองสภาวะมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานที่ว่า การใช้ไอซ์บาร์ชนิดไอโซโทนิกมีศักยภาพในการควบคุมความเครียดทางสรีรวิทยาได้เทียบเท่า น้ำแข็งเกล็ดหิมะ

เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างเพศ พบว่าเพศชายมีอุณหภูมิ Tgi สะสมและอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่า ซึ่งเป็นไปตามกลไกการผลิตความร้อนเชิงเมแทบอลิซึมที่สูงกว่าตามสัดส่วนมวลกล้ามเนื้อ ในทางกลับกัน เพศหญิงมีความไวต่อสภาพแวดล้อมที่เย็นมากกว่า โดยรายงานความรู้สึกหนาวเย็นและความเหนื่อยล้า (RPE) ที่รุนแรงกว่า ซึ่งอาจเกิดจากสัดส่วนไขมันใต้ผิวหนังที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนกักเก็บความร้อนไว้ภายใน ในด้านสมรรถภาพ เพศหญิงกลับทำเวลา (TTE) ในสภาวะ ICE-S ได้นานกว่า ICE สิ่งนี้อาจชี้ให้เห็นว่ารูปแบบของความเย็นที่รับประทานง่ายกว่า (ICE-S) ช่วยลดความเครียดทาง Psychophysiological stress ในเพศหญิงได้ดีกว่ารูปแบบน้ำแข็ง (ICE bar)

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษานำร่องนี้ สามารถสรุปได้ว่าการรับประทานไอซ์บาร์ชนิดไอโซโทนิก (Isotonic ice bar) มีศักยภาพในการลดอุณหภูมิแกนกลางกายผ่านทางเดินอาหาร (Tgi) ในระยะก่อนออกกำลังกาย และสามารถลดอุณหภูมิผิวหนังและอัตราการเต้นของหัวใจในระหว่างการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่เย็นได้ในระดับที่ใกล้เคียงกับการใช้น้ำแข็งเกล็ดหิมะ (Ice slurry) นอกจากนี้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความแตกต่างระหว่างเพศอย่างชัดเจน โดยเพศหญิงมีความไวต่อการรับรู้ความรู้สึกหนาวเย็นและความไม่สบายตัวสูงกว่าเพศชาย ซึ่งปัจจัยทางสรีรวิทยาที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระดับความรู้สึกเหนื่อยล้า (RPE) และสมรรถภาพความทนทาน (Time to exhaustion) ข้อมูลเบื้องต้นเหล่านี้ช่วยยืนยันความปลอดภัยและความเป็นไปได้ของรูปแบบการทดลอง อีกทั้งยังเน้นย้ำถึงความสำคัญของการพิจารณาความแตกต่างระหว่างเพศในการเลือกใช้กลยุทธ์ลดอุณหภูมิกาย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. **การปรับใช้ให้เหมาะสมกับเพศ** จากผลการศึกษาที่พบว่าเพศหญิงมีความไวต่อความรู้สึกหนาวเย็นและเกิดความไม่สบายตัว (Thermal discomfort) มากกว่าเพศชายเมื่อได้รับความเย็นจากภายในในสภาพอากาศที่เย็น ดังนั้น โค้ช นักกีฬา หรือผู้ปฏิบัติงานในที่เย็น ควรระมัดระวังในการเลือกใช้กลยุทธ์การลดอุณหภูมิภายใน (Internal cooling) ในเพศหญิง โดยอาจพิจารณาปรับลดปริมาณ (Dose) หรือปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของเครื่องดื่มให้เหมาะสม เพื่อป้องกันผลกระทบเชิงลบต่อสภาพจิตใจและความรู้สึกเหนื่อยล้า (RPE) ที่อาจเพิ่มขึ้นก่อนเวลาอันควร
2. **การเลือกรูปแบบของความเย็น** แม้การรับประทานไอซ์บาร์ (Ice bar) และน้ำแข็งเกล็ดหิมะ (Ice slurry) จะช่วยลดอุณหภูมิแกนกลางกายได้ แต่ในสภาพแวดล้อมที่หนาวเย็น (18 °C) ผู้ใช้งานควรประเมินความ

จำเป็นอย่างรอบคอบ เนื่องจากการลดอุณหภูมิที่มากเกินไปอาจกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดส่วนปลายอย่างรุนแรง ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อได้

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. **การเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง** เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่องที่มีข้อจำกัดด้านจำนวนกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยในอนาคตควรคำนวณและเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) ให้เพียงพอ เพื่อให้มีกำลังทางสถิติ (Statistical power) ในการทดสอบสมมติฐานและยืนยันความแตกต่างระหว่างเพศและรูปแบบของความเย็นได้อย่างชัดเจน
2. **การควบคุมปัจจัยด้านรอบเดือน** ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับเพศหญิง ควรมีการควบคุมระยะของรอบเดือน (Menstrual cycle phases) เช่น การทดสอบในระยะ Follicular phase เนื่องจากความผันผวนของฮอร์โมนเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนมีอิทธิพลโดยตรงต่ออุณหภูมิแกนกลางกายพื้นฐานและกลไกการระบายความร้อน
3. **การเพิ่มกลุ่มควบคุมและตัวแปรที่ศึกษา** ควรมีการเพิ่มสภาวะควบคุม (Control condition) เช่น การดื่มน้ำอุณหภูมิห้องหรือเครื่องดื่มน้ำเย็น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพให้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ อาจพิจารณาตรวจวัดตัวแปรทางสรีรวิทยาอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น อัตราการสูญเสียเหงื่อ (Sweat rate) การใช้พลังงาน (Energy expenditure) หรือการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ เพื่ออธิบายกลไกที่เกิดขึ้นอย่างครอบคลุม

บรรณานุกรม

- Andrade, M. T., Wanner, S. P., Santos, W. M. E., Mendes, T. T., Nunes-Leite, M. M. S., de Oliveira, G. G. A., Carmo, A. A. L., Carvalho, M. V., Silami Garcia, E., & Soares, D. D. (2024). Ad libitum ice slurry ingestion and half-marathon performance in a hot environment: A study comparing the effects of the amount and moment of ingestion between ice slurry and water at 37 °C. *J Therm Biol*, 119, 103781. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103781>
- Apiratwarakul, K., Cheung, L. W., Pearkao, C., & Ienghong, K. (2024). The Impact of Global Warming on the Rise in Heat-Related Illnesses in Emergency Medical Services. *J Multidiscip Healthc*, 17, 5211-5216. <https://doi.org/10.2147/jmdh.S501721>
- Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Méndez Turrubiates, R. F., Pegenaute, F., Herrmann, F. R., Robine, J. M., Basagaña, X., Tonne, C., Antó, J. M., & Achebak, H. (2023). Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nat Med*, 29(7), 1857-1866. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z>
- Dong, X. S., West, G. H., Holloway-Beth, A., Wang, X., & Sokas, R. K. (2019). Heat-related deaths among construction workers in the United States. *Am J Ind Med*, 62(12), 1047-1057. <https://doi.org/10.1002/ajim.23024>
- Jay, O., & Morris, N. B. (2018). Does Cold Water or Ice Slurry Ingestion During Exercise Elicit a Net Body Cooling Effect in the Heat? *Sports Med*, 48(Suppl 1), 17-29. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0842-8>
- McDermott, B. P., Casa, D. J., Ganio, M. S., Lopez, R. M., Yeargin, S. W., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2009). Acute whole-body cooling for exercise-induced hyperthermia: a systematic review. *J Athl Train*, 44(1), 84-93. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.84>
- Morito, A., Inami, T., Hirata, A., Yamada, S., Shimomasuda, M., Haramoto, M., Kato, K., Tahara, S., Oguma, Y., Ishida, H., & Kohtake, N. (2022). Ice slurry ingestion improves physical performance during high-intensity intermittent exercise in a hot environment. *PLoS One*, 17(9), e0274584. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274584>
- Naito, T., Iribe, Y., & Ogaki, T. (2017). Ice ingestion with a long rest interval increases the endurance exercise capacity and reduces the core temperature in the heat. *J Physiol Anthropol*, 36(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40101-016-0122-6>
- Naito, T., & Ogaki, T. (2017). Comparison of the effects of cold water and ice ingestion on endurance cycling capacity in the heat. *J Sport Health Sci*, 6(1), 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.12.002>
- Naito, T., Saito, T., Morito, A., Yamada, S., Shimomasuda, M., & Nakamura, M. (2022). Pre-cooling with ingesting a high-carbohydrate ice slurry on thermoregulatory responses and subcutaneous interstitial fluid glucose during heat exposure. *J Physiol Anthropol*, 41(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s40101-022-00309-w>
- Onitsuka, S., Nakamura, D., Onishi, T., Arimitsu, T., Takahashi, H., & Hasegawa, H. (2018). Ice slurry ingestion reduces human brain temperature measured using non-invasive magnetic resonance spectroscopy. *Sci Rep*, 8(1), 2757. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21086-6>
- Périard, J. D., DeGroot, D., & Jay, O. (2022). Exertional heat stroke in sport and the military: epidemiology and mitigation. *Exp Physiol*, 107(10), 1111-1121. <https://doi.org/10.1113/ep090686>

- Rintamäki, H., & Rissanen, S. (2006). Heat strain in cold. *Ind Health*, 44(3), 427-432. <https://doi.org/10.2486/indhealth.44.427>
- Rissanen, S., & Rintamäki, H. (2007). Cold and heat strain during cold-weather field training with nuclear, biological, and chemical protective clothing. *Mil Med*, 172(2), 128-132. <https://doi.org/10.7205/milmed.172.2.128>
- Roberts, W. O. (2006). Exertional heat stroke during a cool weather marathon: a case study. *Med Sci Sports Exerc*, 38(7), 1197-1203. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000227302.80783.0f>
- Roriz, M., Brito, P., Teixeira, F. J., Brito, J., & Teixeira, V. H. (2022). Performance effects of internal pre- and per-cooling across different exercise and environmental conditions: A systematic review. *Front Nutr*, 9, 959516. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.959516>
- Zhao, Q., Guo, Y., Ye, T., Gasparini, A., Tong, S., Overcenco, A., Urban, A., Schneider, A., Entezari, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Zanobetti, A., Analitis, A., Zeka, A., Tobias, A., Nunes, B., Alahmad, B., Armstrong, B., Forsberg, B., Pan, S. C.,...Li, S. (2021). Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study. *Lancet Planet Health*, 5(7), e415-e425. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(21\)00081-4](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(21)00081-4)

