ผลของการดื่มน้ำเย็นต่อการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายระดับปานกลางในที่ร้อนของคนอ้วน

นายปิยเชษฐ์ ตะสิงห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF COLD WATER INGESTION ON CORE TEMPERATURE RESPONSE AND FLUID LOSS OF OBESE MEN DURING MODERATE INTENSITY EXERCISE IN HOT ENVIRONMENT

Mr. Piyachat Tasing

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Medicine
Faculty of Medicine
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการดื่มน้ำเย็นต่อการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายระดับปานกลางในที่ร้อนของคนอ้วน
โดย	นายปิยเชษฐ์ ตะสิงห์
สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. แพทย์หญิง อรอนงค์ กุละพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ โศภณ นภาธร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิไล อโนมะศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. แพทย์หญิง อรอนงค์ กุละพัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิง จุไรพร สมบุญวงค์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

ปิยเชษฐ์ ตะสิงห์ : ผลของการดื่มน้ำเย็นต่อการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายระดับปานกลางในที่ร้อนของคนอ้วน (EFFECTS OF COLD WATER INGESTION ON CORE TEMPERATURE RESPONSE AND FLUID LOSS OF OBESE MEN DURING MODERATE INTENSITY EXERCISE IN HOT ENVIRONMENT) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. พญ. อรอนงค์ กุละพัฒน์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล, 96 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติในการออกกำลังกายด้วยความหนักระดับปานกลางในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน และศึกษาผลของการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนต่ออุณหภูมิแกนกลางและการสูญเสียน้ำของคนอ้วน 12 คน และชายสุขภาพดีน้ำหนักปกติ 12 คน ทำการทดสอบเดินเร็วแบบต่อเนื่องด้วยความหนักระดับปานกลาง 45–50% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองสูงสุด ตามสูตรของ Karvonen เป็นเวลา 30 นาที บนลู่วิ่งกลในห้องควบคุมสภาพอากาศ ในที่อากาศเย็นควบคุมอุณหภูมิคงที่ 23°C - 24°Cความชื้นสัมพัทธ์ 75±5% ส่วนในที่อากาศร้อนควบคุมอุณหภูมิคงที่ 30°C - 31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5% ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิแกนกลางร่างกายของคนอ้วนไม่มีความแตกต่างกันกับคนน้ำหนักปกติทั้งในที่เย็น (คนอ้วน 37.77±0.08°C, คนปกติ 37.68±0.08°C; P=0.463) และในที่อากาศร้อน (คนอ้วน 37.82±0.06°C, คนปกติ 37.85±0.06°C; P=0.725) อัตราการเต้นของหัวใจ ความรู้สึกเหนื่อย และความรู้สึกร้อนของคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติไม่แตกต่างกันทั้งในการออกกำลังกายในที่เย็นและที่ร้อน แต่คนอ้วนมีปริมาณการสูญเสียน้ำจากการออกกำลังกายมากกว่าคนน้ำหนักปกติ ในที่เย็น 160 มล. (คนอ้วน 443.33±98.65 มล., คนปกติ283.33±108.15 มล.; P≤0.001) ในที่ร้อน 194 มล. (คนอ้วน 632.50 ±126.57 มล.,คนปกติ 438.33±126.62 มล.; P≤0.001) และผลการศึกษาการดื่มน้ำเย็น (0.5±0.5°C) เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (30.5±0.5°C) ก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วนพบว่า อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจากการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (ดื่มน้ำเย็น 37.57±0.07°C, ดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 37.63±0.05°C; P=0.296) ความรู้สึกเหนื่อย (ดื่มน้ำเย็น 12.15±0.29, ดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 12.64±0.36; P=0.068) และความรู้สึกร้อน (ดื่มน้ำเย็น 2.40±0.10, ดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 2.66±0.15; P=0.068) ไม่แตกต่างกัน แต่การดื่มน้ำเย็นทำให้อัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่าการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (ดื่มน้ำเย็น 130.75±1.67 ครั้ง/นาที, ดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 134.08±1.91 ครั้ง/นาที; P=0.024) และการดื่มน้ำเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนสามารถลดการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (ดื่มน้ำเย็น 646.67±139.82 มล., ดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 735.00±126.95 มล.; P=0.010) แสดงว่าคนอ้วนที่จะต้องออกกำลังกายในที่อากาศร้อน 30°C - 31°C สามารถออกกำลังกายแบบต่อเนื่องในระดับความหนักปานกลางเป็นระยะเวลาประมาณ 30 นาทีได้โดยที่อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายไม่มีการเพิ่มสูงมากจนถึงขั้นเป็นอันตราย แต่คนอ้วนควรดื่มน้ำก่อนการออกกำลังกายเพิ่มเติมจากคนน้ำหนักปกติประมาณ 200 มล. สำหรับออกกำลังกายในที่อากาศร้อน และ 160 มล.ในที่อากาศเย็น และการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับคนอ้วนที่จะต้องออกกำลังกายในที่ร้อนเพราะสามารถลดปริมาณการสูญเสียน้ำและลดอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายในที่ร้อนได้ และการดื่มน้ำเย็นก่อนออกกำลังกายมีแนวโน้มช่วยลดความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนขณะออกกำลังกายในที่ร้อนได้ โดยที่ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย

สาขาวิชา เวชศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5474193430 : MAJOR SPORTS MEDICINE
KEYWORDS: OBESITY EXERCISE PRECOOLING FLUID LOSS THERMOREGULATION CORE TEMPERATURE HOT ENVIRONMENT

PIYACHAT TASING: EFFECTS OF COLD WATER INGESTION ON CORE TEMPERATURE RESPONSE AND FLUID LOSS OF OBESE MEN DURING MODERATE INTENSITY EXERCISE IN HOT ENVIRONMENT. ADVISOR: ASSOC. PROF. ONANONG KULAPUTANA, M.D., Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMPOL SAGUANRUNGSIRIKUL, M.D., 96 pp.

This study aimed to determine core body temperature and fluid loss of obese men compared to normal weight men during continuous moderate intensity exercise in both cool and hot & humid condition, and to investigate the effects of precooling with cold water ingestion compared to room-temperature water ingestion on core body temperature and fluid loss in obesity during exercise in hot humid & condition. Twelve obese men (OM) and twelve healthy normal-weight men (NWM) completed an exercise test on treadmill at 45–50% reserved heart rate (Karvonen method) for 30-minute period. The experiments were conducted in a climatic room. Air temperature was maintained at 23°C - 24°C, relative humidity of 75±5% for cool condition and 30°C - 31°C, relative humidity of 80±5% for hot condition. Results: The study showed no significant difference of rectal temperature in response to exercise between OM and NWM in both cool (OM 37.77±0.08°C, NWM 37.68±0.08°C; P=0.463) and hot conditions (OM 37.82±0.06°C, NWM 37.85±0.06°C; P=0.725). Heart rate, rate of perceived exertion (RPE) and thermal sensation were not significantly different between OM and NWM. However, fluid loss was approximately 160 mL higher in OM than NWM (OM 443.33±98.65 mL, NWM 283.33±108.15 mL; P≤0.001) in cool condition and 194 mL higher in OM (OM 632.50 ±126.57 mL, NWM 438.33±126.62 mL; P≤0.001) in hot condition. Precooling with cold water (CW) ingestion (0.5±0.5°C), compared to room-temperature water (RTW) ingestion (30.5±0.5°C), showed no significant differences in core temperature (CW 37.57±0.07°C, RTW 37.63±0.05°C; P=0.296), RPE (CW 12.2±0.3, RTW 12.6±0.4; P=0.068), and thermal sensation (CW 2.4±0.1, RTW 2.7±0.2; P=0.068). Precooling with CW ingestion decreased fluid loss (CW 646.67±139.82 mL, RTW735±126.95 mL; P=0.010) and heart rate (CW 130.75±1.67 bpm, RTW 134.08±1.91 bpm; P=0.024). Conclusion: Obese men may continuously exercise about 30 minutes at moderate intensity in hot & humid condition without an increase of core temperature to dangerous level; however, OM should to drink approximately 200 mL more water in hot and 160 mL more water in cool condition than NWM. Precooling with cold water ingestion is likely a good choice for obesity when exercise in the hot condition because it decreased the amount of fluid loss and exercise heart rate. Moreover, RPE and thermal sensation tended to decrease with CW when obese men exercise in the hot humid condition without affecting core temperature.

Field of Study: Sports Medicine
Academic Year: 2014

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.พญ.อรอนงค์ กุละพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ตลอดจนเอาใจใส่ดูแลผู้วิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งช่วยแก้ไขปัญหาอุปสรรค์และปรับปรุงข้อบกพร่องในการดำเนินงานวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วิไล อโนมะศิริ ประธานคณะกรรมการสอบ รศ.พญ.จุไรพร สมบุญวงค์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไขปรับปรุง และให้ข้อคิดต่างๆ ที่มีประโยชน์มากระหว่างดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ นพ.กษิภัคดิ์ ไก่แก้ว ที่เสียสละเวลาช่วยดูแลอาสาสมัครขณะทำการทดลอง ขอขอบคุณ อาจารย์ บวรลักษณ์ ทองทวี พยาบาลวิชาชีพ ที่เสียสละเวลา เก็บตัวอย่างเลือดคัดกรองอาสาสมัคร ขอขอบคุณ คุณ วสันต์ ปัญญาแสง นักสถิติที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล ขอขอบคุณ คุณ นุชนาถ พรชัย เจ้าหน้าที่ธุรการสาขาเวชศาสตร์การกีฬา ที่ช่วยรับผลตรวจเลือดของอาสาสมัคร ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ชัยรัตน์ ชูสกุล ที่ให้กำลังใจ คำแนะนำและข้อคิดที่ดีต่างๆ

ขอขอบคุณทุนรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการอุดหนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกๆท่านที่เสียสละเวลาและแรงกายมาเข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งงานวิจัยจะไม่สามารถสำเร็จได้หากขาดบุคคลเหล่านี้ ขอขอบคุณพี่ๆน้องๆและเพื่อนๆ สาขาเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกๆท่านที่ช่วยเหลือทั้งทางตรงและทางอ้อมและให้กำลังใจจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จ ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณและส่งความปรารถนาดีไปยังผู้ให้ความช่วยเหลือ สำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดีตั้งแต่แรกจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย ทั้งด้านวิชาการและการดำเนินชีวิต พ่อแม่และญาติพี่น้อง ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา ซึ่งผู้วิจัยรู้ซึ้งในความกรุณาของทุกท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
สารบัญคำย่อ ..... ฏ
บทที่ 1 1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา (Background and Rationale) 1
คำถามของการวิจัย (Research Question) 4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives) 4
สมมติฐาน (Hypothesis) 4
กรอบแนวความคิดในการวิจัย (Conceptual Framework) 5
ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) 5
ข้อจำกัดในการวิจัย (Limitation) 6
การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติที่จะใช้ในการวิจัย (Operational Definition) 6
ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย (Expected Benefit and Application) 8
บทที่ 2 9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
การควบคุมอุณหภูมิและสมดุลความร้อนภายในร่างกาย (Thermoregulation and Themal balance) 9
การตอบสนองทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายในที่ร้อน (Physiological response to exercise in the heat) 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

สมดุลน้ำในร่างกายกับการออกกำลังกายในที่ร้อน (Water balance to exercise in the heat)... 14
ผลของการออกกำลังกายต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกายในคนอ้วน (Effect of exercise on core body temperature of obesity) 16
ผลของการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนต่อสมรรถภาพทางกาย (Effect of pre-cooling on exercise performance) 19
บทที่ 3 25
วิธีดำเนินการวิจัย 25
1. รูปแบบการวิจัย (Research Design) 25
2. ระเบียบวิจัย (Research Methodology) 25
การคำนวณขนาดตัวอย่าง 26
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 28
วิธีดำเนินการวิจัย 29
ขั้นตอนการวิจัย 30
3. การรวบรวมข้อมูล (Data Processing) 40
4. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) 41
5. ข้อพิจารณาทางจริยธรรม (Ethical Consideration) 42
6. ข้อจำกัดในการวิจัย (Limitation) 42
7. อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการวิจัยและมาตรการในการแก้ไข (Obstacle and 42
strategies to solve the problem) 42
บทที่ 4 43
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 43
ลักษณะของอาสาสมัคร 43
ผลการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ . 44
ผลของการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อน 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ของคนอ้วน 51

บทที่ 5 57

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 57

ตอนที่ 1 ผลการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ 57

ตอนที่ 2 ผลการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนของคนอ้วน 62

รายการอ้างอิง 69

ภาคผนวก 73

Screening Questionnaire 74

แบบบันทึกค่าพื้นฐาน 76

แบบบันทึกผลการทดสอบออกกำลังกายในที่ร้อนและที่เย็น 77

แบบบันทึกผลการทดสอบการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วน 78

เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย 79

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ประมาณค่าพลังงานจากการสูญเสียความร้อนขณะพักและขณะออกกำลังกายแบบใช้ระยะเวลายาวนาน..... 11

4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน mean(SD) คุณลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัครชายอ้วนเปรียบเทียบกับอาสาสมัครชายน้ำหนักปกติ..... 37

4.2 A แสดงค่าตัวบ่งชี้ต่างๆในชายอ้วนและชายน้ำหนักปกติก่อนและหลังออกกำลังกายในที่อากาศเย็น..... 39

4.2 B แสดงค่าตัวบ่งชี้ต่างๆในชายอ้วนและชายน้ำหนักปกติ ก่อนและหลังออกกำลังกายในที่อากาศร้อน..... 40

4.3 แสดงค่าตัวบ่งชี้ต่างๆของคนอ้วนเมื่อทำการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อน..... 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กลไกการควบคุมอุณหภูมิของสมองส่วนไฮโปทาลามัส	8
2.2	ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสร้างความร้อนและการสูญเสียความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่ 37°C	10
3.1	แสดง Protocol การทดสอบหาความเร็วและความชันที่เหมาะสมของการออกกำลังกาย	30
3.2	แสดงสายวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายทางทวารหนัก	31
3.3	แสดงการติดเทปสายวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายทางทวารหนักเข้ากับด้านหลังของอาสาสมัคร	31
3.4	แสดงการทดลองการออกกำลังกายในที่ร้อนและที่เย็น	33
3.5	แสดงการทดลองเพื่อศึกษาผลของการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อน	34
4.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายระหว่างคนน้ำหนักปกติเปรียบเทียบกับคนอ้วนในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน	39
4.2	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างคนน้ำหนักปกติเปรียบเทียบกับคนอ้วนในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน	40
4.3	แสดงการเปรียบเทียบความรู้สึกเหนื่อยระหว่างคนน้ำหนักปกติเปรียบเทียบกับคนอ้วนในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน	41
4.4	แสดงการเปรียบเทียบความรู้สึกร้อนระหว่างคนน้ำหนักปกติเปรียบเทียบกับคนอ้วนในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน	42
4.5	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายระหว่างคนน้ำหนักปกติเปรียบเทียบกับคนอ้วนในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน	44
4.6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายระหว่างการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน	45
4.7	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน	46
4.8	แสดงการเปรียบเทียบความรู้สึกเหนื่อยระหว่างการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน	46
4.9	แสดงการเปรียบเทียบความรู้สึกร้อนระหว่างการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน	47
4.10	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย	47

สารบัญคำย่อ

คำย่อ	คำเต็ม	ความหมาย
BIA	Bioelectical Impedance Analysis	เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกายด้วยกระแสไฟฟ้า
BMI	Body Mass Index	ดัชนีมวลกาย
BMR	Basal Metabolic Rate	อัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน
BPM	Beats per minute	ครั้งต่อนาที
BW	Body weight	น้ำหนักตัว
CD	Cool down	ผ่อนกาย
cm	Centimeter	เซนติเมตร
CNS	Central Nervous System	ระบบประสาทส่วนกลาง
CW	Cold water	การดื่มน้ำเย็น
°C	Degree Celsius	องศาเซลเซียส
d	Day	วัน
dl	Deciliter	เดซิลิตร
FL	Fluid loss	ปริมาณการสูญเสียน้ำ
g·kg^{-1}	Grams per kilogram	กรัมต่อกิโลกรัม
h	Hour	ชั่วโมง
HR	Heart rate	อัตราการเต้นของหัวใจ
$HR_{max\ reserve}$	Maximum heart rate reserve	อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสำรอง
Kcal	Kilocalories	กิโลแคลอรี่
Kg	Kilogram	กิโลกรัม
kg/m^2	Kilograms per square meter	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
L/Kg.BW	Liter per kilogram body weight	ลิตรต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว
L/Kg.MM	Liter per kilogram mascle mass	ลิตรต่อกิโลกรัมมวลกล้ามเนื้อ
mg	Milligram	มิลลิกรัม
min	Minute	นาที
mL	Milliliter	มิลลิลิตร
mL.h^{-1}	Milliliter per hour	มิลลิลิตรต่อชั่วโมง
mL·min^{-1}	Milliliter per minute	มิลลิลิตรต่อนาที
MM	Muscle Mass	มวลกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

mmHg	Millimeter of Mercury	มิลลิเมตรปรอท
NWM	Normal weight men	ชายน้ำหนักปกติ
OM	Obese men	ชายอ้วน
Pre-cooling	Pre exercise cooling	การให้ความเย็นก่อนออกกำลังกาย
RH	Relative humidity	ความชื้นสัมพัทธ์
RMR	Resting metabolic rate	อัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน
RPE	Rated perceived exertion	อัตราความรู้สึกเหนื่อย
RTW	Room temperature water	น้ำอุณหภูมิห้อง
S	second	วินาที
T_{re}	Rectal temperature	อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่วัดทางทวารหนัก
T_s	Thermal sensation	ความรู้สึกรับรู้อุณหภูมิความร้อน
VO_{2max}	Maximum oxygen consumption	การใช้ออกซิเจนสูงสุด (แท้จริง)
VO_{2peak}	Peak oxygen consumption	การใช้ออกซิเจนสูงสุด
WU	Warm up	อบอุ่นร่างกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา (Background and Rationale)

โรคอ้วนเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญในหลายๆประเทศ [1,2,3,4] รวมถึงประเทศไทยซึ่งทำให้สูญเสียงบประมาณในการดูแลรักษาเป็นจำนวนมาก [5,6] จำนวนของประชากรที่เป็นโรคอ้วนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าจะมีการรณรงค์และส่งเสริมการใช้มาตรการต่างๆเพื่อป้องกันและควบคุมการเกิดโรคอ้วนก็ตาม [1,3,7] ผู้ที่เป็นโรคอ้วนสามารถบ่งชี้ได้จากการมีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) มากกว่าหรือเท่ากับ 30 kg/m^2 [8,9] โรคอ้วนอาจมีสาเหตุจากพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม ความผิดปกติของระบบเผาผลาญพลังงาน และพันธุกรรม แต่สิ่งที่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นจนกลายเป็นโรคอ้วนมากที่สุดก็คือความไม่สมดุลของพลังงานที่นำเข้าสู่ร่างกายกับการใช้พลังงานในชีวิตประจำวัน [10] ผู้ที่เป็นโรคอ้วนจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่างๆตามมา เช่น โรคเบาหวาน โรคข้อเสื่อม โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งและอื่นๆ และทำให้คุณภาพชีวิตแย่ลง [11,12]

วิธีการป้องกันการเกิดโรคอ้วน ป้องกันการกลับมาอ้วนซ้ำและรักษาโรคอ้วนในระยะยาวที่ได้ผลดีที่สุดคือการควบคุมอาหารร่วมกับการออกกำลังกาย [13,14,15] ซึ่งการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับคนกลุ่มนี้คือการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ต่อเนื่องนาน 30 นาทีขึ้นไป ซึ่งระดับความหนักอยู่ที่ระดับปานกลาง 3 ถึง 5 วันต่อสัปดาห์ หรือให้มีกิจกรรมทางกาย 150 ถึง 200 นาที/สัปดาห์ เพื่อป้องกันการเกิดโรคอ้วนและป้องกันการกลับมาอ้วนซ้ำ และมากกว่า 250 นาที/สัปดาห์ซึ่งลดน้ำหนักได้ดีที่สุด ระดับการใช้พลังงานให้อยู่ที่ 1,200-2,000 กิโลแคลอรี/สัปดาห์ [13,15,16,17,18] ชนิดของการออกกำลังกายที่แนะนำคือการเดินเร็ว การว่ายน้ำ ปั่นจักรยาน หรือเต้นแอโรบิกแบบพื้นฐานแรงกระแทกต่ำๆ [10,16] หรือกิจกรรมทางกายระดับความหนักปานกลาง เช่นการทำงานบ้านที่ใช้เวลาทำอย่างต่อเนื่อง เช่น ทำสวน ล้างรถ เช็ดกระจกและอื่นๆ [13,18] หรือให้มีการเคลื่อนไหวโดยเดินให้ได้อย่างน้อย 10,000 ก้าวต่อวัน [19]

แต่ความจริงแล้วการออกกำลังกายของคนอ้วนกลับทำได้ไม่ง่ายนัก เพราะมีอุปสรรคจากรูปร่างองค์ประกอบของร่างกายที่ไม่สมดุลและน้ำหนักตัวที่มากกว่าคนปกติ [20,21] การเคลื่อนไหวร่างกายต้องอาศัยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ การที่กล้ามเนื้อหดและคลายตัวอย่างต่อเนื่องผลที่ได้ตามมาคือการเกิดความร้อน เมื่อกล้ามเนื้อทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนสะสมอยู่ภายในร่างกายส่งผลให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มสูงขึ้น [22,23] แต่โดยปกติแล้วร่างกายจะมีกลไกกำจัดความร้อนที่มากเกินได้หลายวิธีได้แก่ การนำ การพา การแผ่รังสี และการระเหยของเหงื่อ โดยสมองส่วน ไฮโปทาลามัสจะทำหน้าที่รับและรวบรวมข้อมูล แปลผลและปรับอุณหภูมิ โดยการสั่งงานจากสมองผ่านเส้นประสาทสั่งการโดยตรง หรือกระตุ้นการทำงานของระบบ

ประสาท ซิมพาเทติก ทำให้ร่างกายสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายที่เพิ่มสูงเกินให้เป็นปกติ เป็นการควบคุมสมดุลอุณหภูมิทำให้ไม่เกิดอันตรายต่อระบบต่างๆ [24] และเนื่องจากคนอ้วนมีการสะสมไขมันใต้ผิวหนังที่หนาและมากกว่าคนปกติ ซึ่งไขมันที่สะสมใต้ผิวหนังนี้จะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการแผ่รังสีความร้อนออกจากร่างกาย [25,26] คนอ้วนจะใช้การระบายความร้อนได้โดยอาศัยการระเหยของเหงื่อ [25] ซึ่งการมีพื้นที่ผิวที่มากและจำนวนต่อมเหงื่อที่มากเป็นผลทำให้มีอัตราการหลั่งเหงื่อมากกว่าคนน้ำหนักปกติ เช่นเดียวกับการสูญเสียน้ำและเกลือแร่ [27,28] ซึ่งถ้าร่างกายมีการสูญเสียน้ำเกิน 2% ของน้ำหนักตัว หรือ 3% ของปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกาย (TBW) จะทำให้เกิดภาวะขาดน้ำ [29] และถ้ามีการสูญเสียน้ำ 6–10% ของน้ำหนักตัวจะมีความเสี่ยงที่เกิดการบาดเจ็บจากความร้อนได้มาก [30] และปริมาตรน้ำในหลอดเลือดลดลงซึ่งอาจเป็นอันตรายทำให้เสียชีวิตได้เมื่อร่างกายสูญเสียน้ำมากถึง 10% ของปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกาย [31]

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายหากเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 40°C อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บจากความร้อนได้ [22] ตามคำแนะนำของ American College of Sports Medicine (ACSM) และจากการศึกษาวิจัยอื่นๆ ได้แนะนำให้คนอ้วนควรจะออกกำลังกายแบบต่อเนื่องด้วยความหนักระดับปานกลาง ที่ใช้เวลา 30 นาทีขึ้นไป [13,15,16,17,18] แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายคนอ้วนซึ่งมักจะเป็นคนไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำจะตอบสนองอย่างไรกับการออกกำลังกายในสภาพอากาศต่างๆ เช่นในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนแม้ว่าจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Heikens และคณะในปี 2011 [32] สามารถบอกได้ว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายขณะทำกิจกรรมในรอบวันของคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติไม่มีความแตกต่างกัน (คนอ้วน 36.92±0.03°C กับคนน้ำหนักปกติ 36.89±0.03°C; P=0.44) แต่อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายในเพศหญิงที่อยู่ในระยะก่อนตกไข่ (Follicular phase) จะสูงกว่าในเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสูงกว่าประมาณ 0.23°C (หญิง 36.99±0.03°C กับ ชาย 36.76±0.03°C; P<0.01) ในการศึกษานี้ไม่ได้ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกกำลังกาย และไม่ได้ศึกษาในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนต่างๆกัน [32]

สอดคล้องกับการศึกษาของHoffmannและคณะในปี 2012 [33] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายขณะทำกิจกรรมซึ่งกำหนดเวลาชัดเจนใน 24 ชั่วโมง ของคนอ้วน12 คนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ12 คน ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายขณะพัก หลังรับประทานอาหาร ขณะออกกำลังกาย และขณะนอนหลับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.5) แต่ในการศึกษานี้มีการให้โปรแกรมการออกกำลังกายโดยให้อาสาสมัครปั่นจักรยานออกกำลังกายด้วยตนเองที่บ้านใช้การกำหนดความหนักโดย Modified RPE (0-10) ซึ่งเป็นการกำหนดความหนักที่ไม่แน่นอนเพียงพอ และไม่ทราบอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมขณะออกกำลังกาย และใช้เวลาเพียง 20 นาที [33] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Eijsvogels และคณะในปี 2011 [28]

ทำการศึกษาการตอบสนองของร่างกายในคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักเกินและคนน้ำหนักปกติ ซึ่งมีอาสาสมัครทั้งหมด 93 คน ขณะออกกำลังกายแบบยาวนาน ระดับความหนักปานกลาง โดยการเดินมาราธอน 30-50 กิโลเมตรรายการ Nijmegen Marches ประเทศเนเธอร์แลนด์ ผลการศึกษาพบว่า อาสาสมัครใช้เวลาเดิน 8 ชั่วโมง 41 นาที ± 1 ชั่วโมง 36 นาที ความหนักในการออกกำลังกาย 72% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดค่าอุณหภูมิแกนกลางสูงสุดของคนอ้วนมีแนวโน้มสูงกว่าของคนน้ำหนักปกติ (P=0.06) ในขณะที่คนอ้วนดื่มน้ำมากกว่าคนน้ำหนักปกติ และมีอัตราการหลั่งเหงื่อมากกว่าคนปกติ และคนอ้วนมีการลดลงของน้ำหนักตัวหลังจากออกกำลังกายมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคนปกติ [28] แต่การศึกษาของ Eijsvogels ใช้คนอ้วนสมรรถภาพดีที่ฝึกเป็นประจำ มาเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติที่เป็นนักกีฬา และทำการออกกำลังกายเป็นเวลานานถึง 8 ชั่วโมง อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงถึง 11℃ คือตอนเช้า 14.0℃ และเพิ่มขึ้นจนถึง 25.0℃ ในตอนบ่าย ดังนั้นนอกจากสมรรถภาพของร่างกายแล้วการเปลี่ยนแปลงของอากาศและเวลาในรอบวันอาจมีผลต่อการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายอาสาสมัครได้ [34]

จากการศึกษาในข้างต้นจึงยืนยันได้ว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของคนอ้วนไม่ได้ต่ำกว่าคนน้ำหนักปกติ ซึ่งขัดแย้งกับแนวคิดในอดีตที่ทำการศึกษาในสัตว์ทดลองที่พบว่า สัตว์ทดลองที่อ้วนจะมีอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าสัตว์ทดลองที่น้ำหนักปกติ ตามแนวคิดที่ว่าการมีอัตราการเผาผลาญพลังงานต่ำ ทำให้อุณหภูมิร่างกายต่ำนำมาสู่การเกิดโรคอ้วนได้ [32,35,36] ซึ่งในมนุษย์การปรับอุณหภูมิภายในร่างกายเป็นอิสระต่อขนาดหรือองค์ประกอบของร่างกาย แต่การมีไขมันใต้ผิวหนังที่เป็นฉนวนจะมีผลทำให้การกระจายความร้อนของคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติแตกต่างกัน [25,26] ดังนั้นเมื่อคนอ้วนออกกำลังกายในที่ร้อนซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้บ่อยในประเทศในเขตร้อน การเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจึงอาจเกิดขึ้นได้มากกว่าในที่เย็น มีรายงานว่าการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน สามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความทนทาน ยืดระยะเวลาการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายกว่าจะถึงขั้นที่เป็นอันตราย และยืดระยะเวลาการเกิดความเมื่อยล้า ซึ่งยืนยันผลดีแล้วในคนน้ำหนักปกติที่เป็นนักกีฬา [37,38,39] อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลว่าการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายจะมีผลดีต่อการออกกำลังกายในคนอ้วนหรือไม่ การให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายหากสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายโดยการยืดระยะเวลาการเกิดความเมื่อยล้า เพิ่มระยะเวลาในการออกกำลังกายได้นานขึ้น เพิ่มความรู้สึกสดชื่น ลดความรู้สึกร้อนขณะออกกำลังกาย หรือลดการสูญเสียน้ำ จะเป็นประโยชน์ต่อคนกลุ่มนี้เป็นอย่างมาก ทั้งในการควบคุมน้ำหนัก ลดน้ำหนักและป้องกันการกลับมาอ้วนซ้ำของคนอ้วนที่จะต้องออกกำลังกายให้ได้ต่อเนื่องอย่างน้อย 30 นาที ตามคำแนะนำของการออกกำลังกายในคนอ้วน [13,15,16,17,18] และอาจมีผลดีจากการลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน เป็นการเพิ่มความสามารถในการจุ

ความร้อน ลดปริมาณการสูญเสียน้ำ ป้องกันการบาดเจ็บจากความร้อนที่เกิดจากการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายขณะออกกำลังกายในที่ร้อน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา 1. การตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายระดับความหนักปานกลาง ระยะเวลา 30 นาที ในที่อากาศเย็นกับที่อากาศร้อนของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ 2. ผลของการให้ความเย็นด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และต่อปริมาณการสูญเสียน้ำของคนอ้วน เพื่อจะได้ทราบว่าคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติที่เป็นคนที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ เมื่อออกกำลังกายในระดับความหนักปานกลาง 30 นาที ในที่อากาศร้อนกับที่อากาศเย็น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจะมีความแตกต่างกันหรือไม่ และจะได้ทราบผลการให้ความเย็นด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นจัดก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนว่าจะสามารถมีประโยชน์กับคนอ้วนหรือไม่ อย่างไร เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพในคนอ้วน

คำถามของการวิจัย (Research Question)

1. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะเดินออกกำลังกายระดับปานกลาง 30 นาที ในที่อากาศร้อน (30-31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5%) และที่อากาศเย็น (23-24°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5%) ของคนอ้วนมีความแตกต่างจากคนน้ำหนักปกติหรือไม่
2. การดื่มน้ำเย็น (0.5±0.5°C) เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (30.5±0.5°C) ก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อน (30-31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5%) ของคนอ้วนสามารถเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และการสูญเสียน้ำจากการออกกำลังกายในที่อากาศร้อนได้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives)

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำระหว่างคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติในการเดินออกกำลังกายระดับความหนักปานกลาง ระยะเวลา 30 นาที ในที่อากาศร้อนและที่อากาศเย็น

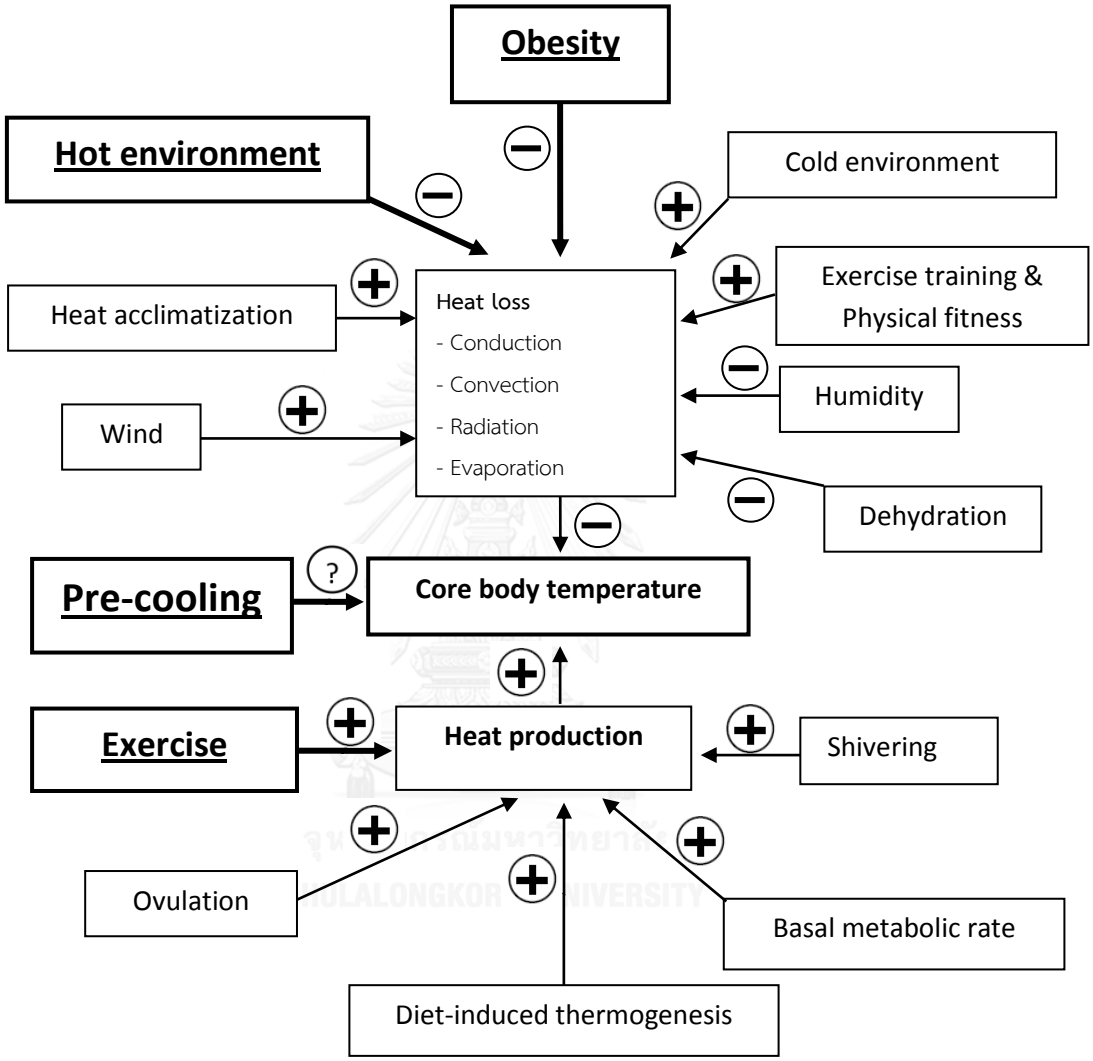
2. เพื่อศึกษาผลของการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และการสูญเสียน้ำจากการออกกำลังกายในที่ร้อน

สมมติฐาน (Hypothesis)

1. การตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะเดินออกกำลังกายระดับความหนักปานกลาง ระยะเวลา 30 นาที ของคนอ้วนมีความแตกต่างจากคนน้ำหนักปกติทั้งในที่อากาศร้อนและที่อากาศเย็น

2. ในคนอ้วนการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนมีผลลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและลดการสูญเสียน้ำจากการออกกำลังกายในที่ร้อนได้

กรอบแนวความคิดในการวิจัย (Conceptual Framework)



ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption)

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายระหว่างคนอ้วน BMI>30 kg/m^2 เปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ BMI =18.5–24.9 kg/m^2 ในขณะเดินเร็วบนลู่วิ่งกล ซึ่งมีการปรับความชันและความเร็วตามความเหมาะสมของแต่ละคนในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

2. คนอ้วนและคนน้ำหนักปกติที่เป็นอาสาสมัครเป็นผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ คือ ออกกำลังกาย <2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ <20 นาที ไม่เกิน 1 เดือนและน้ำหนักไม่เกิน 120 กิโลกรัม สุขภาพโดยทั่วไปแข็งแรง

3. ในช่วงเวลาของการศึกษาอาสาสมัครทุกคนจะต้องใช้ชีวิตประจำวันให้เป็นปกติ จะไม่มีการอดอาหาร ไม่รับประทานอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือน้อยลง ไม่ทำการลดน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักตัวในแต่ละครั้งที่มาทำการทดลองต้องไม่ต่างกันเกิน 0.5 กิโลกรัม

4. อุณหภูมิที่ทำการศึกษาในการทดสอบออกกำลังกายในที่อากาศร้อนคืออุณหภูมิ 30-31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5% ซึ่งจากการสำรวจพบว่าเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงที่คนไปออกกำลังกายเวลา 16.00 น. ที่สวนลุมพินี ซึ่งเป็นสวนสาธารณะที่เป็นที่นิยมในการออกกำลังกายของคนกรุงเทพฯ และการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นอุณหภูมิ 23-24°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5% ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันในศูนย์ออกกำลังกายทั่วไป

ข้อจำกัดในการวิจัย (Limitation)

1) การควบคุมระดับกิจกรรมและอาหารในชีวิตประจำวันของอาสาสมัครทำได้ยาก
2) ผู้วิจัยไม่สามารถทำการ Blind Intervention ระหว่าง น้ำเย็นกับน้ำอุณหภูมิห้องได้ซึ่งอาจส่งผลต่อตัวชี้วัดบางอย่างในงานวิจัย เช่นความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อน

การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติที่จะใช้ในการวิจัย (Operational Definition)

คนอ้วน หมายถึง คนที่มีการสะสมไขมันในร่างกายมากผิดปกติ ทำให้ส่งผลเสียต่อสุขภาพ ข้อบ่งชี้ของการเป็นคนอ้วนคือมีค่าดัชนีมวลกาย >30 kg/m^2

คนน้ำหนักปกติ หมายถึง คนที่มีองค์ประกอบของร่างกายสมดุล มีน้ำหนักตัวที่ปกติ มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในช่วง 18.5–24.9 kg/m^2

ออกกำลังกายความหนักปานกลาง หมายถึง การออกกำลังกายที่ไม่เหนื่อยมากจนเกินไป หรือ เบาจนเกินไป ซึ่งการศึกษานี้จะใช้อัตราการเต้นของหัวใจเป็นสิ่งกำหนดความหนักในขณะออกกำลังกาย ซึ่งจะใช้ 45–50% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองสูงสุด (Age predicted maximal heart rate reserve) ร่วมกับการใช้การประเมินความเหนื่อยจาก RPE Borg scale (6–20) ซึ่งกำหนดให้อยู่ในช่วง 12–16

การออกกำลังกายในที่ร้อน หมายถึง การออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้การทดสอบออกกำลังกายความหนักปานกลางโดยการเดินเร็วเต็มฝีก้าวบนลู่วิ่ง

กล 30 นาที โดยที่กำหนดอุณหภูมิให้คงที่ 30-31°C อุณหภูมิกระเปาะแห้งความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80±5%

การออกกำลังกายในที่เย็น หมายถึง การออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ

เย็นซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้การทดสอบออกกำลังกายความหนักปานกลางโดยการเดินเร็วเต็มฝีก้าวบนลู่วิ่งกล 30 นาที โดยที่กำหนดอุณหภูมิให้คงที่ 23-24°C อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 75±5%

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย หมายถึง อุณหภูมิที่อยู่ภายในอวัยวะต่างๆภายในร่างกาย เช่น สมอง หัวใจ ตับ ปอด กระเพาะอาหาร ลำไส้ เป็นต้น การศึกษาครั้งนี้จะวัดอุณหภูมิแกนกลางโดยใช้สายวัดอุณหภูมิทางทวารหนัก สอดสายผ่านกล้ามเนื้อหูรูดประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งอาสาสมัครจะได้รับคำแนะนำในการติดสายวัดด้วยตนเอง

การให้ความเย็นก่อนออกกำลังกาย หมายถึง การนำความเย็นเข้าสู่ร่างกายก่อน

ออกกำลังกาย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ให้อาสาสมัครดื่มน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 0.5±0.5°C ปริมาณ 15.6 g·kg^{-1}ของมวลกล้ามเนื้อ (หรือประมาณ 5.65 g·kg^{-1}ของน้ำหนักตัว) และวัดอุณหภูมิน้ำดื่มด้วยปรอททุกครั้งเพื่อยืนยันอุณหภูมิก่อนให้อาสาสมัครดื่มและจะแบ่งให้ดื่มเท่าๆกัน 4 ครั้ง คือ ณ เวลา 30, 20, 10 และ 0 นาที ก่อนออกกำลังกาย ซึ่งปริมาณการดื่มนี้ได้จากการคำนวนปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วนในการศึกษานำร่อง

น้ำเย็น คือ น้ำในสถานะของเหลว ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะนำน้ำดื่มสะอาดอุณหภูมิห้องมาทำให้เย็นโดยการแช่ในตู้เย็นแล้วนำมาแช่ในลังน้ำแข็งทำให้มีอุณหภูมิประมาณ 0.5±0.5°C วัดอุณหภูมิด้วยปรอททุกครั้งเพื่อยืนยันความถูกต้องของอุณหภูมิก่อนให้อาสาสมัครดื่ม

น้ำอุณหภูมิห้อง คือ น้ำในสถานะของเหลว ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้น้ำดื่มสะอาดที่มีอุณหภูมิประมาณ 30.5±0.5°C และวัดอุณหภูมิด้วยปรอททุกครั้งเพื่อยืนยันความถูกต้องของอุณหภูมิก่อนให้อาสาสมัครดื่ม

ความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อน (Thermal sensation) หมายถึง ความรู้สึกร้อนหรือเย็นรอบๆตัว ก่อนออกกำลังกายหรือขณะออกกำลังกาย ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้ตัวเลข 9 ระดับ คือ

– 4 รู้สึกหนาวมากๆ – 3 รู้สึกหนาว – 2 รู้สึกเย็น – 1 รู้สึกเย็นเล็กน้อย 0 รู้สึกปกติอุณหภูมิที่สบาย 1 รู้สึกอุ่นเล็กน้อย 2 รู้สึกอุ่น 3 รู้สึกร้อน 4 รู้สึกร้อนมากๆ

ความรู้สึกเหนื่อย หมายถึง ความรู้สึกต่อสภาพร่างกายของตนเองขณะใด ขณะหนึ่ง เช่น ก่อนออกกำลังกาย หรือขณะออกกำลังกาย ซึ่งในการศึกษานี้ใช้ RPE Borg scale (6-20) ตัวเลข 15 ระดับ คือ 6 รู้สึกสบายมากๆ ตัวเลขจะสูงขึ้นตามระดับความรู้สึกเหนื่อย จนถึงเลข 20 คือรู้สึกเหนื่อยมากที่สุดในชีวิต

การสูญเสียน้ำ หมายถึง น้ำในร่างกายที่สูญเสียไปในขณะออกกำลังกาย ทั้งการระเหยของเหงื่อและการระเหยทางลมหายใจ จะใช้การคำนวณโดยชั่งน้ำหนักแบบเปลือยก่อนออกกำลังกาย และชั่งน้ำหนักอีกครั้งหลังออกกำลังกาย โดยก่อนชั่งจะใช้ผ้าขนหนูแห้งเช็ดเหงื่อออกจนหมด แล้วชั่งน้ำหนักทันทีนำค่าน้ำหนักก่อนออกกำลังกายลบด้วยน้ำหนักหลังออกกำลังกายเพื่อประเมินการสูญเสียน้ำ

ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย (Expected Benefit and Application)

1) เพื่อให้ทราบว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติขณะออกกำลังกายแบบต่อเนื่องนาน 30 นาที ด้วยความหนักปานกลางในที่ร้อนและที่เย็นมีความแตกต่างกันหรือไม่

2) เพื่อให้ทราบการสูญเสียน้ำของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ ขณะออกกำลังกายแบบต่อเนื่องนาน 30 นาที ด้วยความหนักปานกลางในที่ร้อนและที่เย็น

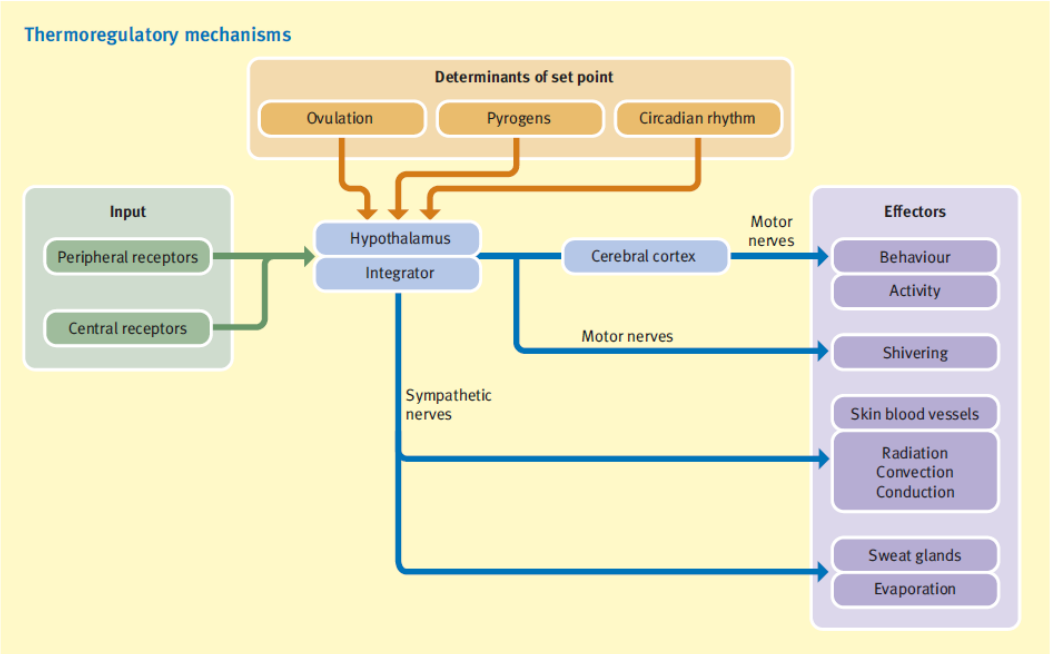
3) เพื่อให้ทราบผลของการให้ความเย็นด้วยวิธีดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วนว่ามีผลดีหรือไม่ซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อควรปฏิบัติได้ในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมอุณหภูมิและสมดุลความร้อนภายในร่างกาย (Thermoregulation and Themal balance)

สมองส่วนไฮโปทาลามัสเป็นศูนย์กลางการควบคุมอุณหภูมิและมีหน้าที่ในการรักษาสมดุลความร้อนภายในร่างกาย การปรับอุณหภูมิเกิดจากกลุ่มของเซลล์ประสาทพิเศษภายในพื้นสมองส่วนไฮโปทาลามัสที่ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องและพยายามรักษาให้อยู่ในค่าปกติที่ 37°C ±1°C (98.6°F±1.8°F) ไฮโปทาลามัสจะทำการตอบสนองต่ออุณหภูมิเพื่อป้องกันร่างกายจากการเพิ่มขึ้นและลดลงของความร้อนภายในร่างกาย สิ่งที่กระตุ้นการควบคุมความร้อนภายในร่างกายมี 2 ปัจจัย คือ 1.ตัวรับความร้อนที่อยู่ในผิวหนังส่งสัญญาณไปสู่ศูนย์กลางการควบคุมอุณหภูมิ 2.การเปลี่ยนแปลงของเลือดที่สูบฉีดไปยังพื้นที่ของสมองส่วนไฮโปทาลามัสโดยตรง เซลล์ของไฮโปทาลามัสส่วนหน้าทำหน้าที่รับและประมวลผลของการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของอุณหภูมิของเลือด และเซลล์นี้มีแนวโน้มสูงที่จะเป็นตัวกระตุ้นและกระจายการทำงานสู่ส่วนอื่นๆของไฮโปทาลามัส ไฮโปทาลามัสส่วนหลังจะทำหน้าที่สงวนความร้อน และไฮโปทาลามัสส่วนหน้าจะทำหน้าที่เกี่ยวกับการสูญเสียความร้อนของร่างกาย [40]



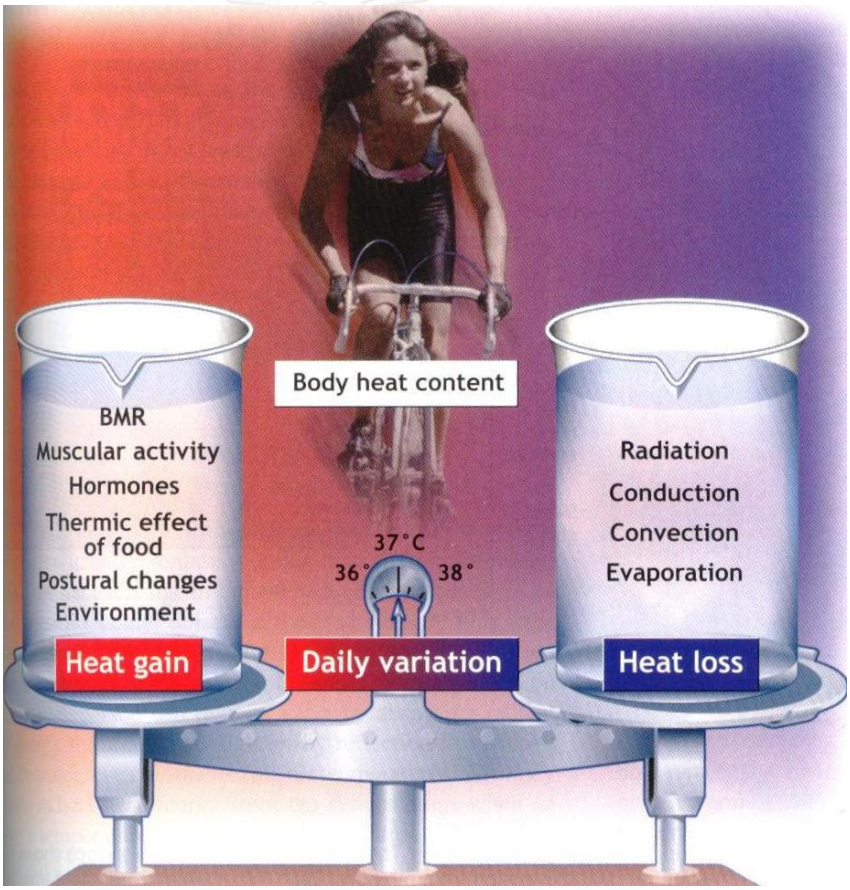
รูปที่ 2.1 กลไกการควบคุมอุณหภูมิของสมองส่วนไฮโปทาลามัส [24]

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจะแตกต่างกันไปตามแต่ละบุคคลและมีความแปรผันตามเวลาในรอบวัน (Circadian rhythm) ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 0.5°C เวลาในรอบวันมีผลทำให้อุณหภูมิแกนกลางมีค่าต่ำที่สุดในช่วงเช้าตรู่และเพิ่มสูงสุดในช่วงบ่าย และในเพศหญิงจะมีอิทธิพลของรอบประจำเดือนเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งในช่วงหลังจากตกไข่จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้มากถึง 1°C คนปกติที่สามารถรักษาอุณหภูมิแกนกลางให้อยู่ที่ 37°C ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นที่แห้งอุณหภูมิอยู่ที่ 12°C ถึง 60°C เมื่อเกิดภาวะอุณหภูมิในร่างกายต่ำกว่าปกติ (Hypothermia) การทำงานของเซลล์ในอวัยวะต่างๆจะช้าลง ซึ่งค่าการใช้พลังงาน (Energy expenditure) จะลดต่ำลง 13% เมื่ออุณหภูมิแกนกลางลดลงทุกๆ 1°C ระบบการทำงานของร่างกายจะลดลงมากเมื่ออุณหภูมิแกนกลางต่ำกว่า 36°C ร่างกายจะสูญเสียการรับรู้และการตอบสนองเมื่ออุณหภูมิแกนกลางต่ำกว่า 32°C และเสียชีวิตเมื่ออุณหภูมิแกนกลางต่ำกว่า 28°C เมื่อเป็นไข้หรือออกกำลังกายอย่างหนัก อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายสามารถเพิ่มสูงถึง 40°C หรือ 41°C แต่ถ้าอุณหภูมิร่างกายเพิ่มสูงเกิน 42°C จะทำให้ผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยโปรตีนที่อยู่ในอวัยวะต่างๆภายในร่างกายแตกตัว เช่น ผนังลำไส้แตกตัวแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้รั่วไหลเข้าสู่กระแสเลือดเป็นสาเหตุทำให้เสียชีวิตได้ [24]

ในขณะพักร่างกายจะผลิตความร้อนจากอวัยวะภายใน ส่วนผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนังจะทำหน้าที่เป็นฉนวนและเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่อากาศเย็นสบายผิวหนังจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิแกนกลางประมาณ 5-6°C ความร้อนภายในร่างกายจะถ่ายเทจากส่วนแกนกลางของร่างกายสู่รอบนอกหรือสงวนความร้อนไว้ที่ส่วนกลางโดยการควบคุมระบบไหลเวียนโลหิต เมื่อร่างกายถูกกระตุ้นด้วยความเย็นจะนำไปสู่การกักเก็บความร้อนไว้ภายในร่างกายโดยหลอดเลือดบริเวณผิวหนังเกิดการหดตัวซึ่งเกิดจากการสั่งการของระบบประสาทออโตโนมิกซิมพาเทติก และเมื่อร่างกายถูกกระตุ้นด้วยความร้อนนำไปสู่การขยายตัวของหลอดเลือดที่อยู่รอบนอกการไหลเวียนของเลือดจะนำความร้อนจากภายในถ่ายเทสู่สิ่งแวดล้อม ในสภาพแวดล้อมที่ร้อนจัดหรือหนาวจัดอาจทำให้อุณหภูมิที่ผิวหนังเท่ากับอุณหภูมิแกนกลางหรืออาจลดลงเหลือ 0°C ได้ [24]

ความร้อนภายในร่างกายเกิดจากการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน (Basal metabolism) ซึ่งเป็นการใช้พลังงานของอวัยวะภายในและการทำงานของเซลล์เพื่อหล่อเลี้ยงร่างกายให้อยู่รอด โดยพลังงานที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 1,000 Kcal – 2,000 Kcal ใน 24 ชั่วโมง การเผาผลาญพลังงานพื้นฐานขึ้นอยู่กับ เพศ อายุ และขนาดของร่างกาย การหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction) ทำให้เกิดความร้อน ทั้งที่อยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ เช่นการสั่นของกล้ามเนื้อ หรือที่อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ เช่น การเคลื่อนไหว การหดตัวของกล้ามเนื้อสามารถสร้างความร้อนได้มาก 5 – 6 เท่าของการสร้างความร้อนขณะพัก การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นวิธีการสร้างความร้อนที่มีประสิทธิภาพและมีความสัมพันธ์กับการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของเลือดที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อและผิวหนัง ในขณะออกกำลังกายแบบหนักสามารถเพิ่มการผลิตความร้อนได้มากถึง 20 เท่าของการสร้างความ

ร้อนขณะพัก การสร้างความร้อนจากการบริโภคอาหาร (Dietary – induced thermogenesis) เกิดจากการใช้พลังงานในการย่อยและดูดซึมสารอาหาร เมื่อรับประทานอาหารผสมค่าการใช้พลังงานขณะพัก (Resting energy expenditure) จะเพิ่มขึ้น 10–15% หลังจากการรับประทานอาหารและเพิ่มสูงกว่าเมื่อรับประทานโปรตีน การสร้างความร้อนแบบไม่มีการสั่นของกล้ามเนื้อ (Non shivering thermogenesis) เป็นการสร้างความร้อนจากเนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาล (Brown fat adipose tissue) ซึ่งในเนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาลนี้จะมีไมโตคอนเดียอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้สามารถสร้างพลังงานได้เอง โดยในมนุษย์จะพบเนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาลในเด็กแรกเกิดถึง 6 เดือนเท่านั้น ฮอร์โมนที่มีผลต่อการควบคุมความร้อนในร่างกายคือ ฮอร์โมนไทรอกซิน (Thyroxin) จากต่อมไทรอยด์ (Thyroidgland) ที่เป็นตัวควบคุมอัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน แต่ฮอร์โมนที่ทำให้เกิดการสร้างความร้อนคืออิพิเนฟริน (Epinephrine) และนอร์อิพิเนฟริน (Nor epinephrine)[24]



ภาพที่ 2.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสร้างความร้อนและการสูญเสียความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่ 37°C[40]

ความร้อนภายในร่างกายจะสามารถถ่ายเทแลกเปลี่ยนกับสิ่งแวดล้อมโดยขั้นตอนทางกายภาพคือ การแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อน การพาความร้อน และการระเหยของเหงื่อ การแผ่รังสี (Radiation) คือการส่งผ่านพลังงานโดยรังสีอินฟาเรดจากที่ร้อนไปในที่เย็นกว่า ในมนุษย์ใช้การแผ่รังสีในการระบายความร้อน 60% เมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอากาศ 21°C-25°C การนำ (Conduction) คือการส่งผ่านความร้อนระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกัน เช่นความร้อนในร่างกายจะส่งผ่านระหว่างเนื้อเยื่อที่ร้อนไปสู่เนื้อเยื่อที่เย็นกว่า การพา (Convection)คือการส่งผ่านความร้อนโดยอาศัยตัวกลาง เช่น น้ำหรืออากาศ โดยอาศัยการนำความร้อนของโมเลกุลที่อยู่ติดกันร่วมกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวกลางที่สัมผัส ซึ่งน้ำจะนำความร้อนได้ดีกว่าอากาศ การระเหย (Evaporation) จะใช้วิธีนี้เมื่อต้องการให้ร่างกายเย็นลง เมื่อน้ำเกิดการระเหยจะต้องการพลังงานเพื่อที่จะทำให้สารเปลี่ยนสถานะคือน้ำเปลี่ยนจากของเหลวเป็นก๊าซ ซึ่งค่าความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำคือ 538 Kcal/kg เมื่ออุณหภูมิร่างกายเพิ่มถึงจุด Threshold ไฮโปทาลามัสจะส่งสัญญาณไปที่ระบบประสาทออโตโนมิกให้กระตุ้นการทำงานของต่อมเหงื่อให้เกิดการหลั่งเหงื่อ และพลังงานความร้อนที่ต้องการของการระเหยของเหงื่อจะถูกดึงมาจากบริเวณผิวหนังรอบๆ จึงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อน การหลั่งเหงื่อเป็นกลไกการระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพแต่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือความชื้นของอากาศและความเร็วลมที่สัมผัสผิวหนัง [40]

ตารางที่ 2.1 ประมาณค่าพลังงานจากการสูญเสียความร้อนขณะพักและขณะออกกำลังกายแบบใช้ระยะเวลายาวนาน [41]

Mechanism of heat loss	Rest		Exercise	
	% total	Kcal/min	% total	Kcal/min
Conduction and convection	20	0.3	15	2.2
Radiation	60	0.9	5	0.8
Evaporation	20	0.3	80	12.0

ผิวหนังของมนุษย์จะประกอบไปด้วยต่อมเหงื่อประมาณ 2-4 ล้านต่อม เมื่อร่างกายเผชิญกับความร้อน ต่อมเหงื่อจะทำงานโดยการควบคุมของเส้นใยประสาทโคลีเนอร์จิคของระบบประสาทออโตโนมิกซิมพาเทติก (Cholinergic sympathetic nerve fibers) กระตุ้นให้ต่อมเหงื่อเกิดการหลั่งเหงื่อ การระเหยของเหงื่อทำให้บริเวณผิวหนังเย็นลงเลือดที่มาเลี้ยงเนื้อเยื่อบริเวณใต้ผิวหนังจึงเย็นลงตามไปด้วย นอกจากการสูญเสียความร้อนจากการหลั่งเหงื่อแล้วยังมีการระเหยของน้ำจากเยื่อบุในระบบทางเดินหายใจประมาณ 350 มิลลิลิตรต่อวัน [40]

อุณหภูมิของไฮโปทาลามัสเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการตอบสนองและการควบคุมอุณหภูมิ โดยไฮโปทาลามัสจะสามารถรับรู้อุณหภูมิทั้งจากส่วนแกนกลางและรอบนอก ตัวรับความรู้สึกต่ออุณหภูมิในส่วนแกนกลางได้แก่ ไฮโปทาลามัส ไขสันหลัง ช่องท้อง และหลอดเลือดดำใหญ่ ซึ่งจะตอบสนองต่ออุณหภูมิ 30°C–40°C ส่วนตัวรับอุณหภูมิรอบนอก คือผิวหนังและมีการตอบสนองได้ทั้งความเย็นและความร้อน แต่ตัวรับความเย็นจะมีมากกว่าตัวรับความร้อนแต่อย่างไรก็ตามตัวรับทั้ง 2 จะส่งสัญญาณผ่านทางไขสันหลังไปสู่ไฮโปทาลามัสตัวรับความร้อนจะตอบสนองสูงสุดเมื่ออุณหภูมิผิวหนังอยู่ที่ 44°C และตัวรับความเย็นจะตอบสนองได้ดีที่สุดที่ 25°C ส่วนใหญ่แล้วไฮโปทาลามัสจะตอบสนองความเย็นจากรอบนอกและตอบสนองต่อความร้อนจากตัวรับที่อยู่ภายในส่วนแกนกลาง การนำออกของกระแสประสาทจากไฮโปทาลามัสผ่านทางระบบประสาทอัตโนมัติซิมพาเทติกไปสู่ต่อมเหงื่อและหลอดเลือดในผิวหนังและเนื้อเยื่อไขมัน กระแสประสาทที่ส่งออกไปยังสามารถผ่านทางเส้นประสาทสั่งการเพื่อควบคุมการสั่นของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังนำเข้ากระแสประสาทไปยังสมองส่วนซีรีบอลคอเท็กซ์เพื่อทำให้เกิดการปรับพฤติกรรม เช่น สวมใส่เสื้อผ้า ระดับอุณหภูมิปกติที่มนุษย์รู้สึกสบาย (Thermoneutral zone) คืออุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่ทำให้ร่างกายสร้างความร้อนหรือกักเก็บความร้อนไว้และเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าที่ร่างกายจะต้องระบายความร้อนออกจากร่างกาย หรืออุณหภูมิที่ทำให้คนปกติที่เปลือยกายสามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้เป็นปกติโดยไม่มีการกระตุ้นให้เกิดการหดหรือขยายตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนัง ร่างกายมนุษย์จะสั่งให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณผิวหนังเมื่ออุณหภูมิภายในร่างกายอยู่ที่ 36-36.2°C และเริ่มมีการขยายตัวของหลอดเลือดตามด้วยการหลั่งเหงื่อเมื่ออุณหภูมิ 37°C ดังนั้นขนาดของอุณหภูมิปกติที่รู้สึกสบายจะมีค่าประมาณ 0.5°C [24]

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายในที่ร้อน (Physiological response to exercise in the heat)

กลไกการตอบสนองเพื่อทำให้ร่างกายเย็นลงในขณะออกกำลังกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกกำลังกายในที่อากาศร้อน มีระบบที่เข้ามาเกี่ยวข้อง คือการปรับตัวของระบบหัวใจและการไหลเวียนโลหิต และการระเหยของเหงื่อเพื่อระบายความร้อนร่วมกับการกระจายของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย การสูญเสียน้ำจากการหลั่งเหงื่อสามารถนำไปสู่การเกิดภาวะขาดน้ำได้ ถ้าเกิดการหลั่งเหงื่อที่มากเกินไปจะทำให้ปริมาณน้ำในหลอดเลือดลดลง เป็นผลทำให้ระบบไหลเวียนโลหิตล้มเหลวและเกิดการเพิ่มขึ้นสูงจนถึงขั้นเป็นอันตรายของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย [40]

ระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตจะทำการตอบสนองเมื่อออกกำลังกายในที่ร้อน โดยความต้องการและการแย่งชิงการไหลเวียนโลหิตจะเพิ่มมากขึ้น โดยกล้ามเนื้อที่ออกแรงต้องการการไหลเวียนโลหิตเพื่อนำออกซิเจนไปใช้เป็นพลังงาน และผิวหนังต้องการการไหลเวียนของโลหิตเพื่อ

ถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายออกสู่สิ่งแวดล้อมทำให้ผิวหนังเย็นลง โดยเลือดที่มาเลี้ยงที่ผิวหนังนี้จะไม่สามารถขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อได้ การหลั่งเหงื่อที่มากเกินจะทำให้ร่างกายเกิดการสูญเสียน้ำในปริมาณมากมีผลทำให้ปริมาณน้ำในหลอดเลือดลดลง เมื่อออกกำลังกายโดยใช้ความหนักที่ระดับ Submaximal ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาที (Cardiac output) จะเท่ากันทั้งการออกกำลังกายในที่ร้อนและที่เย็น แต่อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายในที่ร้อนปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในการบีบตัว 1 ครั้ง (Stroke volume) จะต่ำกว่า ซึ่งต่ำกว่าเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำที่ขาดหายไปในหลอดเลือด เป็นผลทำให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในการบีบตัว 1 ครั้งลดลง ทำให้ต้องมีการตอบสนองโดยการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ แต่เมื่อออกกำลังกายโดยใช้ความหนักสูงสุดการชดเชยปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจที่น้อยลงมากจากการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจไม่สามารถชดเชยได้ จึงทำให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาทีสูงสุดลดลง [40]

ในการออกกำลังกายภายใต้อุณหภูมิความร้อน ในการรักษาปริมาณการหมุนเวียนโลหิตที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อและผิวหนัง จำเป็นต้องมีการจำกัดเลือดที่ไปเลี้ยงอวัยวะภายในอื่นๆ โดยการหดตัวของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อไต หลอดเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณผิวหนังและกล้ามเนื้อจะขยายตัว โดยสามารถเพิ่มปริมาณเลือดที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อและผิวหนังได้มากถึง 80–95% แต่เมื่อการออกกำลังกายในที่ร้อนใช้ระยะเวลายาวนานความร้อนที่สะสมอยู่จะมีผลแทรกแซงทำให้หลอดเลือดที่หดตัวของอวัยวะภายใน เช่นตับและเนื้อเยื่อไตเกิดการขยายตัวได้ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดปกติของความดันโลหิตภายในร่างกาย [40]

ความสมดุลของความดันโลหิตภายในร่างกายขณะออกกำลังกายในที่ร้อนเกิดจากหลอดเลือดของอวัยวะภายในเกิดการหดตัวมีผลทำให้เพิ่มความต้านทานของหลอดเลือดทั่วร่างกาย เมื่อออกกำลังกายอย่างหนักร่วมกับการเกิดภาวะขาดน้ำ เลือดที่มาเลี้ยงที่ผิวหนังจะน้อยลงจากการที่ร่างกายพยายามรักษาปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาทีไว้ให้คงที่ จะเห็นได้ว่าการควบคุมระบบไหลเวียนโลหิตให้เป็นปกติและการส่งเลือดไปเลี้ยงที่กล้ามเนื้อมีความสำคัญกว่าการควบคุมอุณหภูมิ ด้วยเหตุนี้จึงนำไปสู่การเกิดภาวะเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางจนถึงขั้นเป็นอันตราย [40]

สมดุลน้ำในร่างกายกับการออกกำลังกายในที่ร้อน (Water balance to exercise in the heat)

สมดุลของน้ำในร่างกายขึ้นอยู่กับผลรวมระหว่างการเพิ่มขึ้นของน้ำและการสูญเสียน้ำ การเพิ่มขึ้นของน้ำภายในร่างกายเกิดจากการบริโภค (น้ำและอาหาร) และผลิตภัณฑ์น้ำจากกระบวนการเผาผลาญพลังงาน ในขณะที่การสูญเสียน้ำของร่างกายเกิดจากการระเหยของน้ำทางระบบหายใจ ระบบการย่อยและดูดซึมสารอาหาร ระบบขับถ่ายปัสสาวะโดยไต และการสูญเสียเหงื่อ [29]

การสูญเสียน้ำทางระบบย่อยและดูดซึมสารอาหารเกิดขึ้นในปริมาณที่น้อย ประมาณ 100 – 200 มิลลิลิตรต่อวัน นอกจากจะเกิดภาวะท้องเสีย การสูญเสียเหงื่อเกิดขึ้นในขณะออกกำลังกายในที่

ร้อน ไตเป็นตัวควบคุมสมดุลน้ำภายในร่างกายโดยการปรับปริมาณการขับปัสสาวะ ซึ่งสามารถลดการขับปัสสาวะได้น้อยที่สุดคือ 20 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง หรือเพิ่มการขับปัสสาวะสูงสุดคือ 1,000 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ในขณะออกกำลังกายในที่อากาศร้อน การกรอง (Glomerular filtration) และเลือดที่ไหลเวียนมาที่ไตจะลดลง ทำให้มีการลดลงของการขับปัสสาวะ ดังนั้นการดื่มน้ำในปริมาณที่มากเกิน (Hyperhydration) ขณะออกกำลังกายจะทำให้เกิดผลเสีย โดยความสามารถในการขับน้ำที่มากเกินออกจากร่างกายลดลง ปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกาย (TBW) จะถูกควบคุมให้อยู่ที่ 0.2 – 0.5% ของน้ำหนักตัวในแต่ละวัน ปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายคือ 60% ของน้ำหนักตัว ซึ่งค่าปกติจะอยู่ในช่วง 45 – 75% น้ำในร่างกายจะเป็นองค์ประกอบในมวลของร่างกายที่ไม่ใช่ไขมัน (Fat-free mass) 70 – 80% ในขณะที่ในเนื้อเยื่อไขมันจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบเพียง 10% โดยปริมาณความจุของน้ำในร่างกายจะมีความสัมพันธ์กับ อายุ เพศ และเชื้อชาติ [29]

ในคนที่มีระดับน้ำในร่างกายปกติก่อนการออกกำลังกายอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ควรทำการดื่มเครื่องดื่มอย่างช้าๆในปริมาณ 5 – 7 $mL \cdot kg^{-1}$BW. เช่นคนที่มีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม จะต้องดื่มน้ำก่อนการออกกำลังกายในปริมาณ 350–490 มิลลิลิตร ในขณะออกกำลังกายควรดื่มเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนผสมไม่เกิน 8% โดยปริมาณการดื่มขึ้นอยู่กับอัตราการหลั่งเหงื่อและระยะเวลาในการออกกำลังกาย และหลังออกกำลังกายจะต้องชดเชยน้ำที่สูญเสียไปโดยการดื่มเครื่องดื่มประมาณ 1.5 ลิตรต่อการลดลงของน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม [29]

การออกกำลังกายระดับความหนักปานกลาง ใช้เวลาประมาณเกินกว่า 1 ชั่วโมง จะทำให้เกิดการสูญเสียเหงื่อ 0.5 – 1.0 ลิตร หรือมากกว่าเมื่อออกกำลังกายระดับหนักใช้ระยะเวลาหลายชั่วโมงในที่อากาศร้อน ความเสี่ยงจากการบาดเจ็บจากความร้อนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อ ออกกำลังกายร่วมกับภาวะขาดน้ำ ของเหลวในร่างกายไม่เพียงพอหรือปริมาณน้ำในหลอดเลือดลดลง (Hypovolemia) ทั้งน้ำในเซลล์และนอกเซลล์เมื่อลดลงจะมีผลทำให้ความสามารถในการกระจายความร้อนลดลงอย่างรวดเร็ว เพิ่มอัตราการสะสมความร้อน และทำให้เกิดความผิดปกติของระบบหัวใจและการไหลเวียนโลหิต ทำให้การควบคุมอุณหภูมิโดยอัตราการหลั่งเหงื่อและการไหลเวียนเลือดมาที่ผิวหนังลดลง [40]

การลดลงของความทนทานต่อความร้อนส่งผลเสียอย่างรุนแรงต่อการทำงานของระบบหัวใจและการไหลเวียนโลหิตและทำให้ลดความสามารถในการออกกำลังกายเมื่อออกกำลังกายระดับหนักในที่อากาศร้อน ในส่วนสมรรถภาพทางกายในการเล่นกีฬา การที่น้ำหนักตัวลดลงอย่างรวดเร็วไม่มีผลเสียต่อความแข็งแรงหรือการออกแรงแบบใช้เวลาสั้นๆ แต่จะส่งผลเสียต่อการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาที่ต้องใช้ระยะเวลานานเกินกว่า 1 นาที ภาวะขาดน้ำนี้จะสามาถยืนยันได้โดยการที่น้ำหนักตัวลดลง 3% ซึ่งจะส่งผลทำให้การย่อยของกระเพาะอาหารช้าลง มีการเกิดตะคริวที่ลิ้นปี่หรือมีอาการคลื่นไส้อาเจียน ก่อนออกกำลังกายถ้าเกิดภาวะขาดน้ำ โดยน้ำหนักตัวลดลง 5% จะมีการเพิ่มขึ้นของ

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหลั่งเหงื่อ ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด และความสามารถในการออกกำลังกายจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับคนที่มีภาวะน้ำในร่างกายอยู่ในระดับปกติ คนที่มีการปรับตัวต่อความร้อนจะสามารถทนต่อความร้อนได้มากกว่าและมีอัตราการหลั่งเหงื่อมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบคนที่ไม่มีการปรับตัวต่อความร้อน โดยคนที่มีการปรับตัวต่อความร้อนสามารถหลั่งเหงื่อได้สูงสุดถึง 3 L/h [40]

ผลของการออกกำลังกายต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกายในคนอ้วน (Effect of exercise on core body temperature of obesity)

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในคนอ้วนซึ่งแตกต่างจากคนน้ำหนักปกติ มีหลายประการซึ่งส่งผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ความร้อนภายในร่างกายและการขัดขวางการสูญเสียความร้อน ประการแรกคือมีการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ความร้อนจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน เนื่องจากการมีมวลกล้ามเนื้อและมวลไขมันเพิ่มมากขึ้น ประการที่สองการที่มีการเพิ่มขึ้นของไขมันใต้ผิวหนังจะเป็นการเพิ่มฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อนลดลงทำให้อุณหภูมิแกนกลางมีการเปลี่ยนแปลง ระดับของไขมันใต้ผิวหนังที่เป็นฉนวนนี้จะมีความสัมพันธ์กับระดับความอ้วน โดยอ้วนมากก็จะยิ่งมีไขมันใต้ผิวหนังที่หนามากตามไปด้วย ประการที่สามคนอ้วนมีการหดตัวของหลอดเลือดในร่างกายมากกว่าคนปกติ และสุดท้ายเมื่อน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นโดยที่ไม่มีการเพิ่มความสูง ทำให้สัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักตัวลดลง และการที่มีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักตัวที่ลดลงนี้จะส่งผลเสียต่อการนำความร้อนจากเลือดที่ไหลเวียนมาที่ผิวหนังกับการระเหยของเหงื่อที่ผิวหนังทำให้การแลกเปลี่ยนถ่ายเทความร้อนช้าลง ในขณะออกกำลังกายการผลิตความร้อนเพิ่มมากขึ้นแต่การสูญเสียความร้อนช้าลงเป็นผลทำให้มีการสะสมของความร้อนภายในร่างกายมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามคนอ้วนมีการปรับตัวเพื่อชดเชยความบกพร่องในการถ่ายเทความร้อนนี้โดยการเพิ่มอัตราการหลั่งเหงื่อจากต่อมเหงื่อและกระจายความร้อนไปสู่บริเวณที่มีชั้นไขมันใต้ผิวหนังที่บางเพื่อถ่ายเทความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม [25]

Heikensและคณะในปี 2011 [32] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายระหว่างคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ ตามสมมุติฐานที่ว่าคนอ้วนจะมีอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายต่ำกว่าคนน้ำหนักปกติ ซึ่งเป็นแนวคิดจากการศึกษาในสัตว์ทดลอง Heikensได้แบ่งรูปแบบการศึกษาเป็น 2 การศึกษา คือ การศึกษาที่ 1 มีอาสาสมัครทั้งหมด 81 คน อายุ≥18 ปี แบ่งเป็นกำหนดคนอ้วน 46 คน (BMI≥30 kg/m^2) และคนน้ำหนักปกติ 35 คน (BMI = 18-29.99 kg/m^2) ให้กลืนแคปซูลที่สามารถวัดอุณหภูมิจากลำไส้ และบันทึกค่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายตลอด 24 ชั่วโมงโดยไม่ได้กำหนดกิจกรรมในรอบวัน ซึ่งให้อาสาสมัครนำอุปกรณ์กลับบ้านวัดอุณหภูมิด้วยตนเอง การศึกษาที่ 2 มีอาสาสมัคร 31 คน อายุ 18-70 ปี เป็นคนอ้วน 19 คน (BMI≥30 kg/m^2) ซึ่งน้ำหนัก

คงที่ ±3% ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา ไม่มีการรับประทานยาลดความอ้วน และไม่มีอาการผิดปกติของหัวใจและหลอดเลือด เปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ 12 คน (BMI 18-25 kg/m^2) สุขภาพดี ไม่สูบบุหรี่ ผู้หญิงที่เข้าร่วมงานวิจัยจะต้องไม่ตั้งครรภ์และมีรอบประจำเดือนปกติ ซึ่งอยู่ในระยะก่อนตกไข่ (Follicular phase) ในการศึกษาที่ 2 นี้จะทำการวัดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายต่อเนื่อง ≥48 ชั่วโมง เพื่อเป็นการยืนยันผลของ Circadian core body temperature profiles ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายในการศึกษาที่ 1 ใน 24 ชั่วโมง ระหว่างคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (คนอ้วน 36.93 ±0.03℃, คนน้ำหนักปกติ 36.97 ±0.03℃; P=0.44) แต่ผู้หญิงอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงสูงกว่าเพศชายประมาณ 0.23℃ (หญิง 36.99 ±0.03℃, ชาย 36.76 ±0.03℃; P<0.01) ส่วนผลการศึกษาที่ 2 พบว่า อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของคนอ้วนเมื่อเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติแล้วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P=0.244 แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศ พบว่าเพศหญิงมีอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายสูงกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P<0.01 หรือสูงกว่าประมาณ 0.27℃[32] จากการศึกษาของ Heikens จึงยืนยันได้ว่าการควบคุมอุณหภูมิในร่างกายมนุษย์แตกต่างจากสัตว์ทดลองซึ่งการปรับอุณหภูมิโดยสมองส่วนไฮโปทาลามัส ปัจจัยเรื่องขนาดของร่างกายไม่ส่งผลต่อการปรับลดหรือเพิ่มอุณหภูมิของร่างกาย แต่การมีรอบประจำเดือนซึ่งเกิดจากฮอร์โมนในเพศหญิงทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเพศชาย

Hoffmannและคณะในปี 2012[33] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายระหว่างคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติในเวลา 24 ชั่วโมงซึ่งได้แนวคิดมาจากการศึกษาของ Heikens ซึ่งในการศึกษาของ Hoffmann ได้กำหนดระยะเวลาที่แน่นอนในการที่ให้อาสาสมัครทำกิจกรรมต่างๆ และได้เพิ่มการออกกำลังกาย โดยการให้อาสาสมัครปั่นจักรยานที่ความหนักปานกลาง ซึ่งกำหนดจาก Modified RPE (0-10) ซึ่งอาสาสมัครเป็นคนน้ำหนักปกติที่มีค่า BMI 18.5-24.9 kg/m^2จำนวน 12 คน เป็นชาย 6 คน หญิง 6 คน และคนอ้วนที่มีค่า BMI 30.0-39.9 kg/m^2 จำนวน 12 คน เป็นชาย 6 คน หญิง 6 คน เท่ากัน คัดกรองอาสาสมัครโดยใช้โทรศัพท์สอบถาม คัดผู้ที่รับประทานยาที่มีผลต่ออุณหภูมิร่างกาย อัตราการเผาผลาญพลังงาน หรือมีผลต่อการวัดอุณหภูมิและการตอบสนองของร่างกาย ออกจากการศึกษา ทำการวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายโดยใช้การกลืนแคปซูลที่สามารถวัดอุณหภูมิจากลำไส้ และให้อาสาสมัครนำเครื่องวัดอุณหภูมินี้กลับไปวัดเองที่บ้านในขณะมีกิจกรรมต่างๆคือ ขณะออกกำลังกาย 20 นาทีหลังออกกำลังกาย 30 นาที หลังจากรับประทานอาหารมื้อค่ำ 1 ชั่วโมงขณะนอนหลับ ขณะทำการทดสอบ RMR ตอนเช้า และตอนมาถึงห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิแกนกลางร่างกายของอาสาสมัครที่เป็นคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ ขณะพัก หลังมื้ออาหาร ขณะออกกำลังกาย ขณะนอนหลับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายรวมทั้งหมดตลอดการศึกษา

ของคนอ้วนสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ (0.1-0.2℃) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P=0.023 และเพศหญิงซึ่งอยู่ในระยะก่อนตกไข่ (Follicular phase) มีอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเฉลี่ยสูงกว่าเพศชายตลอดการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (หญิง 37.19 ±0.04℃, ชาย 36.81±0.04℃; P=0.01) และคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติรวมทั้งเพศหญิงเปรียบเทียบกับเพศชายไม่มีความแตกต่างกันในระดับน้ำตาลในกระแสเลือด Respiratory quotient, Free T4 และฮอร์โมนไทรอยด์[33] จากการศึกษาของ Hoffmann จึงสรุปได้ว่าขณะทำกิจกรรมต่างๆในรอบวัน เช่นการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานอยู่ที่บ้านโดยใช้ความเหนื่อยแบบกำหนดเอง ใช้เวลาประมาณ 20 นาที อุณหภูมิแกนกลางระหว่างคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติ ไม่มีความแตกต่างกันและเพศหญิงอุณหภูมิแกนกลางสูงกว่าเพศชายซึ่งอิทธิพลของเพศที่ส่งผลต่ออุณหภูมิแกนกลางนี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าของ Heikens ในปี 2011.

Eijsvogelsและคณะในปี 2011[28] ได้ทำการศึกษาการตอบสนองของร่างกายคนอ้วน ขณะออกกำลังกายแบบยาวนาน ระดับความหนักปานกลาง โดยการเดินมาราธอน 30-50 กิโลเมตร รายการ Nijmegen Marches ประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่ง Eijsvogels ได้แนวคิดมาจากการศึกษาก่อนหน้าที่ศึกษาการเจ็บป่วยจากความร้อนที่เกิดในทหารที่ฝึกหนัก ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติของร่างกายจากความร้อน ซึ่งการศึกษาของ Eijsvogels มีอาสาสมัครทั้งหมด 93 คน อายุ 24-80 ปี แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ คนน้ำหนักปกติค่า BMI<25 kg/m^2 คนน้ำหนักเกิน BMI>25 แต่ <30 kg/m^2 และคนอ้วน BMI>30 kg/m^2 ก่อนเดินมาราธอน 1-2 วัน อาสาสมัครจะต้องเข้าทดสอบวัดค่าพื้นฐานต่างๆ เช่นวัดองค์ประกอบของร่างกาย เก็บตัวอย่างเลือด และปัสสาวะ เมื่อถึงวันทดสอบจริง ซึ่ง 31% ของอาสาสมัครลงเดินในระยะทาง 30 กิโลเมตร 47% เดินในระยะทาง 40 กิโลเมตร และ 22% เดินในระยะทาง 50 กิโลเมตร ก่อนที่จะเดินมาราธอนจะทำการชั่งน้ำหนักเพื่อติดตามความสมดุลของของเหลวซึ่งดูจากน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งถ้าลดลงมากกว่า 2% ของน้ำหนักตัวจะยืนยันว่าเกิดภาวะขาดน้ำ และอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายใช้การกลืนตัววัดอุณหภูมิลงไปในทางเดินอาหารและบันทึกข้อมูลจากเครื่องมือภายนอกร่างกาย ขณะเดินจะทำการวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และความหนักขณะออกกำลังกาย จากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งจะทำการวัดค่าทุกๆ 5 กิโลเมตร อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมจะวัดที่สองจุดคือ ที่จุดเริ่มต้นและที่จุดสิ้นสุด โดยรายงานค่าดัชนีอุณหภูมิ wet bulb globe ซึ่งวัดค่าทุกๆ 30 นาที ผลการศึกษาพบว่า อาสาสมัครใช้เวลาเดิน 8 ชั่วโมง 41นาที ±1 ชั่วโมง 36 นาที ความหนัก 72% ± 9% HR max คนอ้วนมีแนวโน้มที่จะมีค่าอุณหภูมิแกนกลางสูงสุดสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ (คนอ้วน 38.5±0.3℃, คนปกติ 38.3±0.3℃; P=0.06) คนอ้วนดื่มน้ำมากกว่าคนน้ำหนักปกติ (คนอ้วน 366±129 mL.h^{-1}, คนปกติ 239±80 mL.h^{-1}; P<0.01) และมีอัตราการหลั่งเหงื่อมากกว่าคนปกติ (คนอ้วน 498±169 mL.h^{-1}, คนปกติ 258± 89 mL.h^{-1}; P<0.01) รวมทั้งมีการ

ปัสสาวะปริมาณน้อยกว่าคนปกติ (คนอ้วน 44±42 $mL.h^{-1}$,คนปกติ 75±44 $mL.h^{-1}$;P<0.05) ปริมาณน้ำในหลอดเลือดลดลงมากกว่า (คนอ้วน -6± 9%, คนปกติ 3±11%; P<0.01) ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ (คนอ้วน 61%, คนปกติ 36%) ระดับความเข้มข้นของโซเดียมในกระแสเลือดเพิ่มมากขึ้นในคนอ้วนโดยที่คนน้ำหนักปกติไม่เปลี่ยนแปลง และคนอ้วนมีการลดลงของน้ำหนักตัวหลังจากออกกำลังกายมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ (คนอ้วน -1.3±1.0 kg, คนปกติ -0.9±0.8 kg; P<0.05)[28] จากการศึกษาของ Eijsvogels สรุปได้ว่าคนอ้วนที่สมรรถภาพดีที่ฝึกออกกำลังกายเป็นประจำเมื่อออกกำลังกายแบบต่อเนื่องยาวนาน อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายมีแนวโน้มสูงกว่า ปริมาณการสูญเสียน้ำและอัตราการหลั่งเหงื่อมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ

จากการศึกษาข้างต้นล้วนแต่ชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายระหว่างคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติไม่มีความแตกต่างกันในรอบวันแต่เมื่อออกกำลังกายแบบต่อเนื่องยาวนานอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของคนอ้วนมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ ซึ่งปริมาณของเหลวในร่างกายก็ลดลงเร็วกว่า ดังนั้นการบาดเจ็บจากความร้อนขณะออกกำลังกายของคนอ้วนจึงอาจเกิดขึ้นได้มากกว่าคนน้ำหนักปกติ เมื่อออกกำลังกายแบบต่อเนื่องในความหนักและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเท่ากัน และเมื่อพิจารณาถึงสภาพอากาศของเมืองร้อน เช่นประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงโดยเฉพาะในหน้าร้อน ดังนั้นถ้าจะทำการออกกำลังกายจึงยากที่จะหลีกเลี่ยงความร้อน นอกจากออกกำลังกายในศูนย์ออกกำลังกายหรือในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะมีการปรับอากาศให้เย็นสบายเหมาะแก่การออกกำลังกาย การออกกำลังกายในที่ร้อนจะส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าเร็ว และเกิดการบาดเจ็บจากความร้อนได้ง่าย คนอ้วนที่จะต้องออกกำลังกายในที่ร้อนจึงควรมีสิ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ออกกำลังกายเพื่อให้สามารถทำได้ตามคำแนะนำในการออกกำลังกายสำหรับคนอ้วน มีการศึกษาในคนน้ำหนักปกติที่เป็นนักกีฬาโดยการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนหรือเรียกว่า วิธี Pre-cooling มีผลช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความทนทานในการออกกำลังกายในที่ร้อนได้

ผลของการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนต่อสมรรถภาพทางกาย (Effect of pre-cooling on exercise performance)

การให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อน (Precooling or Pre-exercise cooling) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในนักวิจัย นักปฏิบัติ และนักกีฬา เพื่อลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย เพิ่มความสามารถในการจุความร้อนก่อนการออกกำลังกาย และยืดระยะเวลาการเกิดความร้อนสูงที่เป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดความเมื่อยล้า และช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความทนทานในการออกกำลังกายในที่ร้อน วิธีการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การให้ความเย็นแบบดั้งเดิมหรือการให้ความเย็นจากภายนอก ได้แก่ การตากลมเย็น การแช่

น้ำเย็น การสวมชุดเย็น หรือแบบผสมผสานหลายอย่าง เป็นการนำเอาความเย็นเข้าสู่แกนกลางของร่างกายผ่านทางผิวหนัง

2. การให้ความเย็นจากภายใน คือการให้ความเย็นโดยการดื่มน้ำเย็น ดื่มน้ำแข็งปั่นหรือการกินน้ำแข็งเป็นการนำเอาความเย็นหรือความสามารถในการดูดซับพลังงานความร้อนของน้ำหรือน้ำแข็งเข้าสู่ภายในร่างกาย ทำให้อุณหภูมิแกนกลางร่างกายลดต่ำลง ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวกในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาในสถานการณ์จริง [42]

การให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายจะมีอิทธิพลต่อการตอบสนองของร่างกายต่ออุณหภูมิความร้อนในขณะออกกำลังกายในที่ร้อน โดยส่งผลดีต่อระบบการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนโลหิต เพราะร่างกายลดการแย่งชิงการไหลเวียนของเลือด โดยการที่เลือดสามารถไหลเวียนไปหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานได้อย่างเต็มที่ โดยที่ไม่ต้องไหลเวียนเลือดที่มีอยู่อย่างจำกัดไปอวัยวะภายในและที่ผิวหนังเพื่อระบายความร้อน เมื่อร่างกายไม่เกิดภาวะความร้อนสูงจึงไม่มีการลดลงของกระแสประสาทจากสมองที่สั่งการให้กล้ามเนื้อทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นผลทำให้ยืดระยะเวลาการเกิดความเมื่อยล้า หรือเป็นการเพิ่มสมรรถภาพด้านความทนทานขณะออกกำลังกายในที่ร้อนได้ [37,39]

Leeและคณะในปี 2008 [43] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิของเครื่องดื่มต่อการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานจนถึงความเมื่อยล้าในที่ร้อน 35°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% อาสาสมัครเป็นชายน้ำหนักปกติที่ไม่มีการปรับตัวต่อความร้อน 8 คน ให้ดื่มเครื่องดื่ม 2 ชนิด คือ เครื่องดื่มเย็นอุณหภูมิ 4°C กับ เครื่องดื่มอุ่นอุณหภูมิ 37°C ปริมาณเท่ากันคือ 900 mL ซึ่งมีส่วนผสมของสารอิเล็กโทรไลต์ แบ่งการดื่มออกเป็น 3 ครั้ง ครั้งละ 300 mL ในช่วงนั่งพักก่อนการปั่นจักรยาน 30 นาที และให้ดื่มขณะปั่นจักรยาน 100 mLทุก ๆ 10 นาที ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสิ้นสุดการนั่งพักอุณหภูมิแกนกลางร่างกายที่วัดจาก Rectal temperature ลดลง 0.5±0.1°C การดื่มเครื่องดื่มเย็น 4°C เทียบกับการดื่มเครื่องดื่มอุ่น 35°C หลังจากปั่นจักรยาน 20 นาที มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวหนัง อัตราการเต้นของหัวใจ การรับรู้ความร้อน และการรับรู้ความเหนื่อยจากการปั่นจักรยานต่ำกว่าและทำให้เวลาในการปั่นจักรยานของการดื่มเครื่องดื่มเย็น 4°C (63.8±4.3 min) มากกว่าการดื่มเครื่องดื่มอุ่น 37°C (52.0±4.1 min) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.01$ [43] จากการศึกษาของ Lee สรุปได้ว่า การดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนและดื่มขณะออกกำลังกายทุกๆ 10 นาทีทำให้เพิ่มสมรรถภาพทางกายโดยเพิ่มเวลาในการปั่นจักรยานและช่วยลดความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนได้

Byrneและคณะในปี 2011 [44] ได้ทำการศึกษาโดยได้แนวคิดมาจากการศึกษาของ Lee [43] โดยที่ไม่มีการให้เครื่องดื่มขณะออกกำลังกาย เพราะจะได้ทดสอบผลของการให้ความเย็นโดยวิธีการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนอย่างแท้จริง อุณหภูมิห้องที่ปั่นจักรยาน 32°C ความชื้น

สัมพัทธ์ 60% โดยมีอาสาสมัครเป็นนักศึกษาวิทยาศาสตร์การกีฬาชายน้ำหนักปกติ 7 คนที่เป็นนักปั่นจักรยานสมัครเล่น ให้ดื่มเครื่องดื่ม 2 ชนิด คือเครื่องดื่มเย็นอุณหภูมิ 2°C กับ เครื่องดื่มอุ่นอุณหภูมิ 37°C ปริมาณเท่ากันคือ 900 mL มีส่วนผสมของสารที่ให้พลังงานคือ คาร์โบไฮเดรต 5.4 g และโปรตีน 1.8 g แบ่งการดื่มออกเป็น 3 ครั้ง ครั้งละ 300 mL ขณะนั่งพักเป็นเวลา 35 นาที หลังจากนั้นให้ปั่นจักรยานแบบกำหนดความเร็วในการปั่นด้วยตนเองเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้เร็วที่สุด ผลการศึกษาพบว่า การดื่มเครื่องดื่มเย็น 2°C ทำให้อุณหภูมิแกนกลางที่วัดจาก Rectal temperature ขณะพักจนถึงขณะปั่นจักรยาน 5 นาที ลดต่ำลง (0.41±0.16°C) มากกว่าการดื่มเครื่องดื่มอุ่น 37°C (0.17±0.17°C) ในขณะออกกำลังกายตั้งแต่นาทีที่ 5 ถึง นาทีที่ 25 อุณหภูมิ Rectal temperature ของการดื่มเครื่องดื่มเย็นต่ำกว่าการดื่มเครื่องดื่มอุ่น มีผลทำให้ระยะทางในการปั่นจักรยานของการดื่มเครื่องดื่มเย็น 2°C (19.26±2.91 km) มากกว่าการดื่มเครื่องดื่มอุ่น 37°C (18.72±2.59 km) P=0.03 เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยกำลังในการปั่นจักรยานการดื่มเครื่องดื่มเย็น (275±27W) มากกว่าการดื่มเครื่องดื่มอุ่น (261±22 W) ค่า P=0.05 โดยที่การรับรู้อุณหภูมิและการรับรู้ความเหนื่อยจากการปั่นจักรยานและผลทางสรีรวิทยาอื่นๆ ไม่ต่างกัน P>0.05 [44] จากการศึกษาของ Byrne สรุปได้ว่า การให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน สามารถลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความทนทานโดยเพิ่มระยะทางในการปั่นจักรยานในที่ร้อน โดยที่ความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนไม่แตกต่างกันระหว่างการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับน้ำอุ่น

Siegelและคณะในปี 2010 [45] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการดื่มน้ำแข็งปั่นอุณหภูมิ -1°C กับการดื่มน้ำเย็นอุณหภูมิ 4°C ก่อนการออกกำลังกายโดยการวิ่งในที่ร้อน อุณหภูมิ 34.0±0.2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 54.9± 5.9% (Wet bulb globe temperature) โดยให้อาสาสมัครที่เป็นชายน้ำหนักปกติสุขภาพดี 10 คน ดื่มเครื่องดื่ม 2 ชนิดปริมาณเท่ากันคือ 7.5 g·kg^{-1} มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต 5% ซึ่งแบ่งการดื่มเป็น 6 ครั้ง ครั้งละ 1.25 g·kg^{-1} ในช่วงพัก 30 นาทีก่อนการวิ่งออกกำลังกายที่ระดับ Submaximal ในที่ร้อนจนถึงความเมื่อยล้า ที่ First ventilation threshold (VT_1) ผลการศึกษาพบว่า หลังจากการดื่มน้ำแข็งปั่นก่อนการวิ่งสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่วัดทางทวารหนัก (T_{re}) ได้ 0.66±0.14°C แต่การดื่มน้ำเย็นลดได้เพียง 0.25±0.09°C (P<0.01) การดื่มน้ำแข็งปั่นลดอุณหภูมิแกนกลางได้มากกว่า 0.32±0.14°C เมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำเย็นในปริมาณที่เท่ากันในขณะวิ่งออกกำลังกาย 30 นาที Rectal temperature จากการดื่มน้ำแข็งปั่นยังคงต่ำกว่าการดื่มน้ำเย็น แต่เมื่อถึงจุดเมื่อยล้า Rectal temperature จากการดื่มน้ำแข็งปั่นสูงกว่าการดื่มน้ำเย็น (น้ำเย็น 39.05±0.37°C, น้ำแข็งปั่น 39.36±0.41°C ; P=0.001) ขณะทำการวิ่งอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวหนัง อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหลั่งเหงื่อไม่ต่างกัน แต่การดื่มน้ำแข็งปั่นทำให้ค่าการสะสมความร้อนขณะวิ่งมากกว่าการดื่มน้ำเย็น ค่าเฉลี่ยของการรับรู้อุณหภูมิและการรับรู้ความเหนื่อยต่ำกว่าในการดื่มน้ำแข็งปั่นเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำเย็น และทำให้เวลาในการวิ่ง

จนถึงความล้าของการดื่มน้ำแข็งปั่นเท่ากับ 50.2±8.5 นาที มากกว่าการดื่มน้ำเย็นซึ่งเท่ากับ 40.7±7.2 นาที หรือเพิ่มสมรรถภาพด้านความทนทานได้มากขึ้น 19±6% ค่า (P=0.001) แต่การดื่มน้ำแข็งปั่นส่งผลข้างเคียงที่ทำให้อาสาสมัครเกิดอาการ Sphenopalatineganglioneuralgia (brain freeze) 3 ใน 10 คนโดยที่ไม่พบในการดื่มน้ำเย็น [45] จากการศึกษาของ Siegel สามารถสรุปได้ว่าการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน เมื่อดื่มเครื่องดื่มที่มีอุณหภูมิที่ต่ำมาก ยิ่งสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายได้มากและเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความทนทานได้มากขึ้น และการดื่มน้ำแข็งปั่นทำให้ความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนขณะออกกำลังกายต่ำกว่าการดื่มน้ำเย็น แต่การดื่มน้ำแข็งปั่นในปริมาณมากหรือดื่มแบบเร่งรีบจะทำให้เกิดอาการปวดหัว brain freeze ได้

Ihsanและคณะในปี 2010 [46] ได้ทำการศึกษาการให้ความเย็นก่อนการปั่นจักรยาน 40 กิโลเมตร ในที่ร้อน 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75% อาสาสมัครเป็นนักไตรกีฬาและนักปั่นจักรยานชาย 7 คน ให้ดื่มเครื่องดื่ม 2 ชนิดคือน้ำแข็งปั่นอุณหภูมิ 1.4±1.1°C กับน้ำปกติอุณหภูมิ 26.8±1.3°C ที่ไม่มีส่วนผสมของสารให้พลังงานและอิเล็กโทรไลต์ ปริมาณเท่ากันคือ 6.8 g·kg^{-1}โดยให้ระหว่างพักก่อนการออกกำลังกาย 30 นาที โดยแบ่งการให้ออกเป็น 3 ครั้ง ครั้งละ 150-200 กรัม ในช่วงเวลาทุก ๆ 8-10 นาทีในช่วงพัก และในช่วงขณะปั่นจักรยานให้ดื่มน้ำอุณหภูมิปกติ 26.8±1.3°C อีก 4 ครั้งคือหลังจากที่ปั่นจักรยานได้งานถึง 200, 500, 800 และ 1100 KJ ผลการศึกษาพบว่า การดื่มน้ำแข็งปั่นสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายที่วัดจาก Gastrointestinal ก่อนการปั่นจักรยานได้มากกว่าการดื่มน้ำอุณหภูมิปกติ (น้ำแข็งปั่น 36.74±0.67°C ,น้ำอุณหภูมิปกติ 37.27±0.24°C; P<0.05) และผลยังคงอยู่จนถึงปั่นจักรยานได้ 200 KJ และหลังจากปั่นจักรยานถึง 200 KJ ไปจนถึงจุดล้าค่า Gastrointestinal temperature การรับรู้ความเหนื่อย อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณกรดแลกติกในกระแสเลือดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการปั่นจักรยาน การดื่มน้ำแข็งปั่นทำให้ปั่นจักรยานได้เร็วกว่าการดื่มน้ำปกติอุณหภูมิ 26.8±1.3°C ประมาณ 6.5% (น้ำแข็งปั่น 5011±810 s, น้ำ 5359±820 s; P<0.05) [46] จากการศึกษาของ Ihsan สรุปได้ว่าเมื่อนักกีฬาประเภททนทานออกกำลังกายในที่ร้อนการดื่มน้ำแข็งปั่นก่อนการออกกำลังกายสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายโดยเพิ่มความเร็วในการปั่นจักรยานได้เมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิปกติ

Stanleyและคณะในปี 2010 [47] ทำการศึกษาเปรียบเทียบการให้ความเย็นในช่วงพักระหว่างการปั่นจักรยานโดยการดื่มน้ำแข็งปั่นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำเย็น โดยมีอาสาสมัครเป็นนักไตรกีฬาและนักปั่นจักรยานชาย 10 คน ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานในที่ร้อน 34°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% ที่ระดับความหนัก 60% Peak power output เป็นเวลา 75 นาที ให้อาสาสมัครดื่มเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬาปริมาณ 2.5 mL·kg^{-1} อุณหภูมิ 18.5±0.6°C หลังจากนั้นให้นั่งพักเป็นเวลา 50 นาที ซึ่งในช่วงนี้จะทำการให้ความเย็นจากเครื่องดื่ม 2 ชนิด คือ น้ำแข็งปั่น อุณหภูมิ -0.8±0.1°C และน้ำ

เย็นอุณหภูมิ 18.4±0.5°C ปริมาณเท่ากันคือ 1,000 mL ซึ่งมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต 5.7 g·100 mL^{-1}โซเดียม 30 mg·100mL^{-1} โดยแบ่งการดื่มเป็น 4 ครั้ง คือในนาทีที่ 5 (400 mL) นาทีที่ 15 (200 mL) นาทีที่ 25 (200 mL) และนาทีที่ 35 (200 mL) ดื่มให้หมดภายใน 5 นาที เมื่อสิ้นสุดช่วงพัก 50 นาที เริ่มทำการทดสอบปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 75% Peak power output เป็นเวลา 30 นาที ผลการศึกษาพบว่า การดื่มน้ำแข็งปั่นสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายที่วัดจาก Rectal temperature ในช่วงพักระหว่างการปั่นจักรยานได้มากกว่าการดื่มน้ำเย็น (น้ำแข็งปั่น 37.0±0.3°C, น้ำเย็น 37.4±0.3°C; P=0.001) เช่นเดียวกับ อัตราการเต้นของหัวใจ การรับรู้อุณหภูมิความร้อน Physiological strain index ของการดื่มน้ำแข็งปั่นต่ำกว่าการดื่มน้ำเย็นในช่วงพักแต่ไม่ต่างกันเมื่อสิ้นสุดการปั่นจักรยาน ส่วนอัตราการสูญเสียเหงื่อและปริมาณน้ำในร่างกาย ปริมาณฮอร์โมนเกี่ยวกับการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อ คือ (คอร์ติซอลอิพิเนฟริน และนอร์อิพิเนฟริน) ปริมาณแล็กเตต น้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือด และอิเล็กโทรไลต์ในกระแสเลือดในขณะพัก ขณะทดสอบปั่นจักรยานและสิ้นสุดการปั่นจักรยานไม่แตกต่างกันของทั้งสองเครื่องดื่ม และความเร็วในการปั่นจักรยานของการดื่มน้ำแข็งปั่นเร็วกว่าดื่มน้ำเย็น 1.9% แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (น้ำแข็งปั่น 29.42±2.07min, น้ำเย็น 29.98±3.07 min; P=0.263) และค่าเฉลี่ย Power output ของการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิดไม่ต่างกัน (น้ำแข็งปั่น 271.1±25.5 W, น้ำเย็น 266.7±30.6 W; P=0.336)[47] จากการศึกษาของ Stanley สรุปได้ว่าการให้ความเย็นด้วยการดื่มน้ำแข็งปั่นเปรียบเทียบกับน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนของนักกีฬาประเภททนทาน โดยปริมาณการดื่มคือ 1 ลิตร ในเวลาพัก 50 นาทีทำให้ อุณหภูมิแกนกลาง ความรู้สึกเหนื่อย ความรู้สึกร้อน และอื่นๆต่ำกว่าในช่วงพักแต่ไม่มีผลเพิ่มสมรรถภาพในขณะออกกำลังกาย

Siegelและคณะในปี 2012[42] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการให้ความเย็นก่อนการวิ่งออกกำลังกายจนถึงจุดล้าในที่ร้อน อุณหภูมิ 34.0±0.1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 52.9± 3% (Wet bulb globe temperature) โดยมีอาสาสมัครเป็นชาย 8 คน ที่ไม่มีการปรับตัวต่อความร้อน โดยกำหนดรูปแบบงานวิจัยแบบ crossover design แบ่งออกเป็น 3 Intervention คือ 1. (ICE) ช่วงพักก่อนการวิ่ง 30 นาที ดื่มน้ำแข็งปั่นอุณหภูมิ -1°C ปริมาณ 7.5 $g·kg^{-1}$ ที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต 5%

2. (CWI) ช่วงพักก่อนการวิ่ง 30 นาที แช่น้ำเย็นอุณหภูมิ 24°C ร่วมกับดื่มน้ำอุ่นอุณหภูมิ 37°C ปริมาณ 7.5 $g·kg^{-1}$ ที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต 5% 3. (CON) ช่วงพักก่อนการวิ่ง 30 นาที ดื่มน้ำอุ่นอุณหภูมิ 37°Cปริมาณ 7.5 $g·kg^{-1}$ ที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต 5% ผลการศึกษาพบว่าระหว่างการให้ความเย็นในนาทีที่ 15 การดื่มน้ำแข็งปั่น (ICE) ลดอุณหภูมิแกนกลางที่วัดจากลำไส้ตรง Rectal temperature ได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.47±0.23°c,P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่น้ำเย็น (CWI) และการดื่มน้ำอุ่น (CON) แต่หลังจากวิ่งออกกำลังกาย 15 นาที Rectal

temperature ของทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกัน ในระหว่างการวิ่งนาทีที่ 20-40 Rectal temperature จากการแช่น้ำเย็นต่ำกว่าการดื่มน้ำแข็งปั่น (0.43±0.21°C,P<0.05) แต่เมื่อถึงจุดล้า Rectal temperature การแช่น้ำเย็นกับดื่มน้ำอุ่นไม่แตกต่างกัน (CWI 39.48±0.43°C, CON 39.48±0.36°C ; P=1.00) แต่การดื่มน้ำแข็งปั่นทำให้ Rectal temperature สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุ่น (ICE 39.76±0.36°C) P=0.042 และการดื่มน้ำแข็งปั่นเปรียบเทียบกับการแช่น้ำเย็นทำให้ Rectal temperature มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P=0.065 ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยผิวหนังหลังจากให้ความเย็นจนถึงขณะวิ่งนาทีที่ 40 การดื่มน้ำแข็งปั่นกับการดื่มน้ำอุ่นไม่ต่างกัน แต่การแช่น้ำเย็นทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวหนังต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำแข็งปั่นและการดื่มน้ำอุ่น เมื่อถึงจุดล้าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวหนังไม่แตกต่างกันทั้งสามกลุ่ม อัตราการหลั่งเหงื่อขณะวิ่งออกกำลังกายจากการแช่น้ำเย็นต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำแข็งปั่นและการดื่มน้ำอุ่น อัตราการเต้นของหัวใจขณะวิ่ง 30 นาทีแรก การแช่น้ำเย็นต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำแข็งปั่นและการดื่มน้ำอุ่น แต่เมื่อถึงจุดล้าไม่แตกต่างกัน การรับรู้อุณหภูมิก่อนและขณะวิ่ง การแช่น้ำเย็นกับการดื่มน้ำแข็งปั่นต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุ่น การรับรู้ความเหนื่อยขณะวิ่งไม่แตกต่างกันระหว่างการแช่น้ำเย็นกับการดื่มน้ำแข็งปั่น และได้ค่ามากกว่าในการดื่มน้ำอุ่น เวลาในการวิ่งจนถึงจุดล้าของการแช่น้ำเย็นกับการดื่มน้ำแข็งปั่นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุ่น ส่วนการแช่น้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำแข็งปั่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (CWI 56.8± 5.6 min, ICE 52.7±8.4 min, CON 46.7±7.2 min) แต่การดื่มน้ำแข็งปั่นส่งผลข้างเคียงที่ทำให้อาสาสมัครเกิดอาการ Sphenopalatine ganglion neuralgia (brain freeze) 6 ใน 8 คน[42] จากการศึกษาของ Siegel สามารถสรุปได้ว่าการแช่น้ำเย็นหรือการดื่มน้ำแข็งปั่นสามารถเพิ่มสมรรถภาพด้านความทนทานในขณะออกกำลังกายในที่ร้อนได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้การให้ความเย็นจากทั้ง 2 วิธีนี้สามารถใช้แทนกันได้ตามความเหมาะสม

จากการศึกษาผลของการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อน แสดงให้เห็นว่าการดื่มน้ำแข็งปั่นจะสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายได้มากกว่าการดื่มน้ำเย็น และสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความทนทานในการออกกำลังกายในที่ร้อนได้มากกว่า แต่น้ำแข็งปั่นก็มีผลข้างเคียงที่ทำให้เกิดอาการSphenopalatineganglioneuralgia (brain freeze) ซึ่งคนอ้วนไม่จำเป็นต้องเพิ่มสมรรถภาพให้สูงเพื่อที่จะแข่งขันให้ได้ชัยชนะ แต่คนอ้วนออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ การป้องกันการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายขณะออกกำลังกายในที่ร้อนและการรักษาสมดุลของเหลวภายในร่างกายป้องกันภาวะขาดน้ำเป็นสิ่งที่สำคัญ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย (Research Design)

การวิจัยเชิงทดลองในมนุษย์ (Human experimental study)

2. ระเบียบวิจัย (Research Methodology)

ประชากรเป้าหมาย (Target population) คือ ชายอ้วนและชายน้ำหนักปกติอายุระหว่าง 18-45 ปี

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา (Study population) คือชายอ้วนและชายน้ำหนักปกติอายุระหว่าง 18-45 ปี

ตัวอย่าง (Sample) คือ ชายอ้วนและชายน้ำหนักปกติอายุระหว่าง 18-45 ปี ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ และผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกของงานวิจัย

การศึกษานี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย IRB number 451/56

เกณฑ์ในการคัดเลือกเข้าในการศึกษา (Inclusion Criteria)

1) ชายอายุระหว่าง 18-45 ปี
2) ชายอ้วน BMI >30 kg/m^2 ชายน้ำหนักปกติ BMI 18.5–24.9 kg/m^2

เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)

1) มีประวัติการเจ็บป่วยจากอากาศร้อน
2) มีประวัติการบาดเจ็บข้อต่อและกล้ามเนื้อที่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบออกกำลังกาย
3) ไม่สามารถเดินบนลู่วิ่งสายพานตามกำหนดได้
4) ไม่สามารถดื่มน้ำเย็นได้
5) ออกกำลังกาย ≥ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ครั้งละอย่างน้อย 20 นาที นานอย่างน้อย 1 เดือน
6) น้ำหนักเกิน 120 กิโลกรัม
7) ทำงานหรืออาศัยอยู่ในที่ร้อนเป็นประจำ เช่น เป็นคนงานโรงหลอมเหล็ก
8) มีประวัติไขมันในเลือดผิดปกติและไม่ได้รับการรักษา (LDL-C > 160 mg/dl)
9) มีประวัติเป็นโรคต่อมไทรอยด์
10) เป็นโรคเบาหวานที่ควบคุมไม่ได้ (FBS ≥ 126 mg/dl)
11) เป็นโรคความดันโลหิตสูงที่ควบคุมไม่ได้ (BP140 / 90 mmHg)
12) มีประวัติการเป็นโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด
13) รับประทานยาที่มีผลต่ออุณหภูมิร่างกาย หรือมีผลต่อการทำงานของหัวใจ หรือยาที่มีผลต่อ

ระบบเผาผลาญพลังงาน เช่น β-blockers, levothyroxine, decongestants, or antipyretics

14) ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

<u>การคำนวณขนาดตัวอย่าง</u>

<u>ขนาดตัวอย่างที่</u> 1: คำนวณโดยการทำ Pilot study โดยมีอาสาสมัครเป็นชายอ้วน 3 คน และชายน้ำหนักปกติ 3 คน เดินออกกำลังกายในที่อากาศเย็น 23-24℃ ดูความแตกต่างของปริมาณการสูญเสียน้ำหลังจากออกกำลังกาย เป็นเวลา 30 นาที มีการอบอุ่นร่างกาย 5 นาที และ Cool down 5 นาที รวมเวลาในการเดินทั้งสิ้น 40 นาที

ใช้สูตร $$\text{n/group} = 2[\frac{(z_{\alpha/2} + z_{\beta})\sigma}{\Delta}]^2$$

โดย n หมายถึง จำนวนประชากรต่อกลุ่มที่ศึกษา

$Z_{\alpha/2}$ หมายถึง ค่าคงที่ตาม alpha error กำหนดเป็น 1.96

Z_{β} หมายถึง ค่าคงที่ตาม beta error กำหนดเป็น 1.28

σ หมายถึง ค่าความแปรปรวนที่ได้จากงานวิจัยคือ 4.17

$$\sigma = \frac{SD_1^2 + SD_2^2}{2} = \frac{2.65^2 + 1.15^2}{2}$$

Δ หมายถึง ความต่างของค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มจากงานวิจัยคือ 6.04

$$\Delta = (\overline{X}_1 - \overline{X}_2)^2$$

$$\text{คำนวณได้ n/g} = \frac{2(1.96+1.28)^2 4.17^2}{(13.31-7.27)^2}$$

$$\text{n/g} = \frac{365.5}{36.48}$$

$$\text{n/g} = 10.0 \text{ คน}$$

จากการคำนวณจะได้จำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองที่เหมาะสม 10 คนต่อกลุ่ม

ขนาดตัวอย่างที่ 2: คำนวณโดยการทำ Pilot study โดยมีอาสาสมัครเป็นชายอ้วน 3 คน และชายน้ำหนักปกติ 3 คน เดินออกกำลังกายในที่อากาศร้อน 30-31°C ดูความแตกต่างของปริมาณการสูญเสียน้ำหลังจากออกกำลังกายเป็นเวลา 30 นาที มีการอบอุ่นร่างกาย 5 นาที และ Cool down 5 นาที รวมเวลาในการเดินทั้งสิ้น 40 นาที

σ หมายถึง ค่าความแปรปรวนที่ได้จากงานวิจัยคือ 5.84

Δ หมายถึง ความต่างของค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มจากงานวิจัยคือ 5.12

n/g = 4.6 คน

จากการคำนวณจะได้จำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองที่เหมาะสม 5 คนต่อกลุ่ม

ขนาดตัวอย่างที่ 3 : คำนวณโดยการทำ Pilot study โดยมีอาสาสมัครเป็นชายอ้วน 3 คน และชายน้ำหนักปกติ 3 คน เดินออกกำลังกายในที่อากาศเย็น 23-24°C ดูความแตกต่างของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายขณะออกกำลังกาย เป็นเวลา 30 นาที มีการอบอุ่นร่างกาย 5 นาที และ Cool down 5 นาที รวมเวลาในการเดินทั้งสิ้น 40 นาที

σ หมายถึง ค่าความแปรปรวนที่ได้จากงานวิจัยคือ 0.057

Δ หมายถึง ความต่างของค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มจากงานวิจัยคือ 0.091°C

n/g = 7.75 คน

จากการคำนวณจะได้จำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองที่เหมาะสม 8 คนต่อกลุ่ม

ขนาดตัวอย่างที่ 4 : คำนวณโดยการทำ Pilot study โดยมีอาสาสมัครเป็นชายอ้วน 3 คน และชายน้ำหนักปกติ 3 คน เดินออกกำลังกายในที่อากาศร้อน 30-32°C ดูความแตกต่างของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายขณะออกกำลังกาย เป็นเวลา 30 นาที มีการอบอุ่นร่างกาย 5 นาที และ Cool down 5 นาที รวมเวลาในการเดินทั้งสิ้น 40 นาที

σ หมายถึง ค่าความแปรปรวนที่ได้จากงานวิจัยคือ 0.06

Δ หมายถึง ความต่างของค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มจากงานวิจัยคือ 0.11°C

n/g = 8.2 คน

จากการคำนวณจะได้จำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองที่เหมาะสม 9 คนต่อกลุ่ม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ขนาดตัวอย่างจากการคำนวณด้วยวิธีที่ 1 ซึ่งจะได้ขนาดตัวอย่างจำนวนกลุ่มละ 10 คน และทำการประมาณการ drop out rate 20% = 12 คนต่อกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ขนาดจากการคำนวณด้วยวิธีที่ 1 เพราะจะสามารถตอบคำถามงานวิจัยได้อย่างครอบคลุม

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

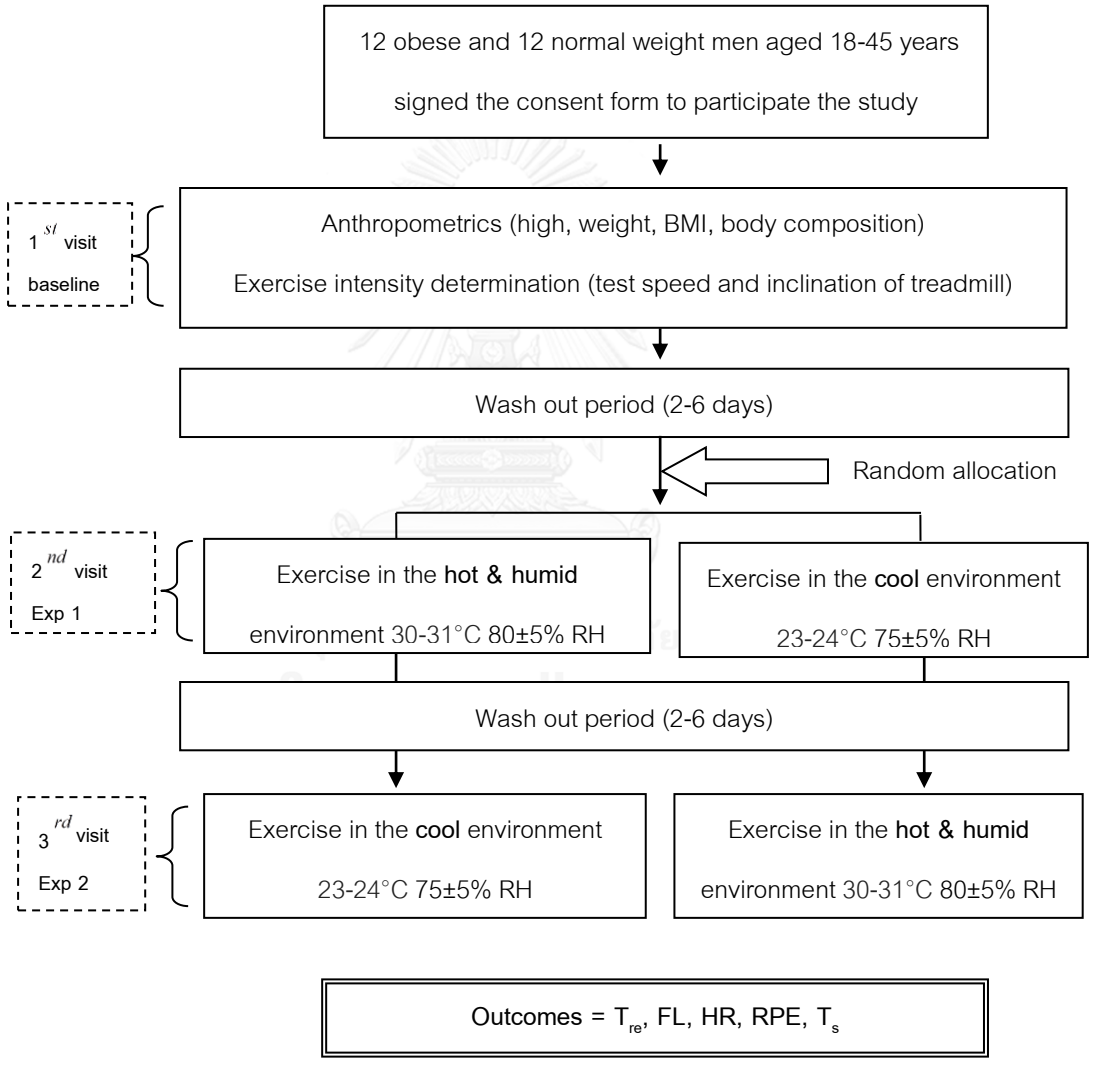
ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างตามจุดมุ่งหมาย (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าโดยสมัครใจของอาสาสมัคร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องปรับอากาศ (Trane® MCX518 EBOTBA,Thailand)
2. เครื่องทำความร้อน (Infrared heater,SL Heater Co., Ltd., Bangkok, Thailand)
3. เครื่องคอมพิวเตอร์เก็บและวิเคราะห์ข้อมูล (Acer Aspire 4552, Taiwan)
4. เครื่องเชื่อมต่อและแปลงสัญญาณสรีรวิทยา (BIOPAC Systems MP100 A, Inc Santa Barbara, California, U.S.A.)
5. เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)InBody 230 Biospaceco.,ltd., Korea)
6. เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ (FLUKE® 52 ll THERMOMETER©,2004-2011 Fluke Corporation, China)
7. ปรอทวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (WET AND DRY THERMOMETER, FUJI, Taiwan)
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Yamato DP-6100GP YAMATO SCALE CO.,LTD, AKASHI, JAPAN)
9. เครื่องวัดส่วนสูง
10. ลู่วิ่งกล (VISION FITNESS T9250,U.S.A.)
11. เครื่องวัดความดันโลหิต (Baumanometer® W.A. BAUM CO.INC.COPIAGUE, N.Y.,U.S.A.)
12. หูฟังทางการแพทย์ (StethoscopeClassic II S.E.3M™Littmann™, U.S..A.)
13. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (POLAR FS1™ Dark Blue, Polar Electro Oy, Professorintie 5, Kempele, Finland)
14. สายวัดอุณหภูมิทางลำไส้ตรง (TSD 102A Fast response thermistor, BIOPAC Systems,Inc Santa Barbara, California, U.S..A.)
15. ปรอทวัดอุณหภูมิเครื่องดื่ม
16. เทปปิดแผล (Fixomull® Stretch, BSN medical GmBH D-22771 Hamburg, Germany)
17. วาสลีน (Vaseline®, Intensive Care)
18. สายหุ้มสายวัดอุณหภูมิ
19. พลาสติกหุ้มปลายหัววัดอุณหภูมิ (Thermometer Rectal Probe Covers)
20. ถุงมือสำหรับตรวจโรค (Sempermed®, SRI TRANG GROUP, Bangkok, Thailand)

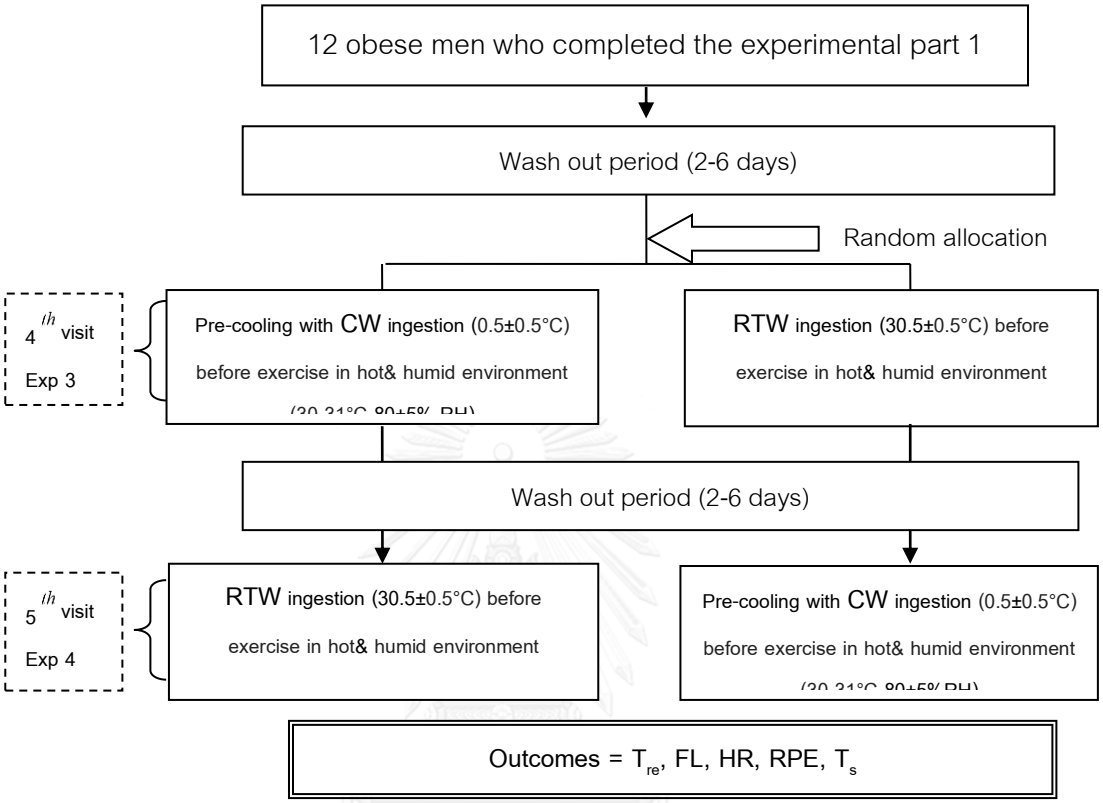
21. ผ้าเช็ดตัวผืนใหญ่
22. เหยือกตวงปริมาณน้ำดื่ม
23. ชุดตรวจปัสสาวะแบบแผ่นจุ่ม (Siemens Combistix® SG Reagent strips for urinalysis, Camberley, UK.)

วิธีดำเนินการวิจัย ตอนที่ 1 การทดลองผลของการออกกำลังกายในที่ร้อนและที่เย็น ระหว่างคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ



หมายเหตุ T_{re}= Rectal temperature, FL= Fluid loss, HR = Heart rate, RPE = Rate perceive exertion, T_s= Thermal sensation

ตอนที่ 2 การทดลองผลของการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนในคนอ้วน



หมายเหตุ T_{re}= Rectal temperature, FL= Fluid loss, HR = Heart rate, RPE = Rate perceive exertion, T_s= Thermal sensation

ขั้นตอนการวิจัย

การคัดเลือกอาสาสมัครและการขอความยินยอม

1. ติดประกาศเชิญชวนตามที่ต่างๆ
2. ผู้วิจัยคัดกรองเบื้องต้นโดยสอบถามประวัติการเจ็บป่วย โรคประจำตัวของผู้ที่สนใจเข้าร่วมงานวิจัยด้วยตนเองและผู้วิจัยอธิบายถึงวิธีการทดสอบออกกำลังกาย ประโยชน์และความเสี่ยงที่อาสาสมัครจะได้รับ และสิ่งที่อาสาสมัครจะต้องปฏิบัติทั้งหมดระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย

3. เมื่อผู้ที่สนใจมีความยินดีและเต็มใจที่จะเข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยจะนัดหมายวันในการเดินทางมาเพื่ออธิบายรายละเอียดของการวิจัยและขอความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนทำการวัดค่าพื้นฐานต่างๆ ให้อาสาสมัครทำความคุ้นเคยกับลู่วิ่งกล และทำการทดสอบหาความเร็วและความชันที่

เหมาะสมในการเดินทดสอบออกกำลังกายที่ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬาชั้น 4 อาคารแพทยพัฒน์คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. กรณีอาสาสมัครไม่ทราบผลระดับน้ำตาลและระดับไขมันในเลือดภายใน 1 ปี ผู้วิจัยจะขอตรวจเลือดเพื่อทำการคัดกรองโดยเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำของแขนปริมาณ 7 มิลลิลิตร

<u>สิ่งที่อาสาสมัครได้รับการขอให้ปฏิบัติ</u>

ผู้วิจัยกำหนดให้อาสาสมัครปฏิบัติตนดังนี้

- สวมชุดเดิมหรือแบบเดิมในการทดสอบออกกำลังกายที่ห้องปฏิบัติการแต่ละครั้ง

- เวลาในการมาทำการทดสอบออกกำลังกายแต่ละครั้งจะเป็นช่วงเวลาเดิมในรอบวัน

- พักผ่อนนอนหลับให้เพียงพอโดยไม่อาศัยยานอนหลับ (Benzodiazepine) ไม่อดนอนก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการ

- รับประทานอาหารก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการอย่างน้อย 1-2 ชั่วโมง

- ดื่มน้ำให้เพียงพอก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการ คือดื่มน้ำหลังมื้ออาหารอย่างน้อย 400 มิลลิลิตร หรือดื่มน้ำอย่างน้อย 2 ลิตร ตลอดทั้งวัน

- หลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมทางกายที่ผิดปกติจากชีวิตประจำวัน ใน 24 ชั่วโมงก่อนมาทำการทดสอบออกกำลังกาย

- งดการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมแอลกอฮอล์และคาเฟอีน 24 ชั่วโมง ก่อนมาทำการทดสอบออกกำลังกาย

เมื่ออาสาสมัครไม่สามารถทำได้ตามข้อตกลงข้อใดข้อหนึ่งหรือเมื่ออาสาสมัครมาถึงห้องปฏิบัติการแล้วพบว่าเป็นไข้ หรือมีอาการท้องเสีย หรือมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ผู้วิจัยจะพิจารณาเลื่อนวันทำการทดสอบออกกำลังกายออกไป

<u>วันแรกที่อาสาสมัครมาที่ห้องปฏิบัติการ</u>

การวัดค่าพื้นฐานต่างๆ สอบถามประวัติ และโรคประจำตัว

เมื่ออาสาสมัครเดินมาถึงห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครนั่งพัก และทำการสอบถามถึงกิจวัตรประจำวัน อาชีพ การออกกำลังกาย ประวัติการเจ็บป่วย และโรคประจำตัวเพื่อคัดกรองอาสาสมัคร

การวัดความดันโลหิต

ผู้วิจัยทำการวัดความดันโลหิตให้แก่อาสาสมัครโดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบแท่งปรอท (Mercury sphygmomanometer N.Y., U.S.A.) เพื่อยืนยันและคัดกรองอาสาสมัครซึ่งจะทำการวัดเมื่ออาสาสมัครเดินทางมาถึงห้องปฏิบัติการ และวัดก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายทุกครั้ง

การประเมินองค์ประกอบของร่างกาย

ทำการประเมินองค์ประกอบของร่างกายของอาสาสมัครด้วยเครื่อง BIA (InBody 230 Biospaceco., ltd., Korea) ซึ่งคล้ายกับเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยให้อาสาสมัครเข้าห้องน้ำเพื่อถ่ายปัสสาวะก่อนทำการประเมินและนำตัวอย่างปัสสาวะมาตรวจวัดค่าความเข้มข้นเพื่อยืนยันว่าระดับ hydration status เป็นปกติ (USG ≤ 1.020) โดยวัดค่าความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะโดยชุดตรวจปัสสาวะแบบแผ่นจุ่ม Urine test strip(Siemens Combistix® SG Reagent strips for urinalysis, Camberley, UK.) ในการประเมินองค์ประกอบของร่างกายอาสาสมัครถอดรองเท้าถุงเท้าและเช็ดเท้าให้แห้งก่อนขึ้นชั่งโดยที่อาสาสมัครสวมชุดที่จะทดสอบออกกำลังกายขณะขึ้นชั่ง เพื่อประเมินน้ำหนัก ดัชนีมวลกาย ปริมาณมวลไขมัน ปริมาณมวลกล้ามเนื้อ และปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกาย ซึ่งทำทุกครั้งก่อนที่ทำการทดสอบออกกำลังกาย เพื่อเปรียบเทียบและยืนยันระดับของเหลวหรือปริมาณน้ำในร่างกาย รวมทั้งน้ำหนักตัวที่จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 0.5 กิโลกรัม ในการมาทดสอบออกกำลังกายในแต่ละครั้ง ซึ่งคนอ้วนจะต้องมีค่า BMI >30 kg/m^2 คนน้ำหนักปกติจะต้องมีค่า BMI 18.5 – 24.9 kg/m^2 ซึ่งค่าเหล่านี้จะนำมาเปรียบเทียบกับการมาทำการทดสอบออกกำลังกายในครั้งต่อไป

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

โดยผู้วิจัยติดอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (POLAR FS1™ Dark Blue, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) ให้แก่อาสาสมัคร ซึ่งมีสายยางยืดไว้รัดรอบลำตัวส่วนอก แล้วให้อาสาสมัครสวมอุปกรณ์คล้ายนาฬิกาที่เป็นตัวรับสัญญาณและแสดงตัวเลขอัตราการเต้นของหัวใจไว้ที่ข้อมือ และนั่งพักในห้องอุณหภูมิประมาณ 24℃ หลังจากนั้นให้นอนพักบนเตียงที่จัดเตรียมไว้ให้ 10 นาที ในระหว่างนี้ผู้วิจัยอ่านค่าตัวเลขอัตราการเต้นของหัวใจที่ต่ำที่สุด และทำการจดบันทึกข้อมูลนี้ไว้เพื่อนำค่าไปคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายและกำหนดความหนักในขณะออกกำลังกาย

การทดสอบหาความหนักในการออกกำลังกาย

ทำการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจตามเป้าหมายของการทดสอบออกกำลังกาย ซึ่งในการทดสอบออกกำลังกายนี้จะใช้ความหนักอยู่ที่ระดับปานกลาง ที่ 45-50% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองสูงสุด ตามสูตรของ Karvonen = [(Age predicted HRmax – HRmin) x % intensity] + HRmin ค่าที่ได้จะนำไปกำหนดความหนักของการทดสอบการออกกำลังกายที่เหมาะสมของแต่ละคน

การทดสอบหาความเร็วและความชันที่เหมาะสำหรับโปรแกรมการทดสอบออกกำลังกายด้วยการเดินเร็วมีขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มจากผู้วิจัยติดอุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการเต้นของหัวใจรอบอกของอาสาสมัคร
2. ให้อาสาสมัครนั่งพักในห้องอุณหภูมิประมาณ 24℃
3. วัดความดันโลหิตของอาสาสมัคร ซึ่งจะต้องไม่เกิน 140/90 มิลลิเมตรปรอท ถ้าเกินจะให้อาสาสมัครนั่งพักให้หายเหนื่อยและให้ค่าความดันโลหิตกลับสู่ภาวะปกติเสียก่อนจึงเริ่มทำการทดสอบออกกำลังกาย

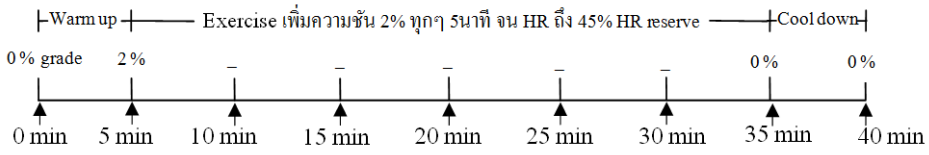
4. เริ่มทำการทดสอบออกกำลังกายโดยให้อาสาสมัครยืนนิ่งบนลู่วิ่งกล ผู้วิจัยทำการสอบถามและบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ความรู้สึกเหนื่อย (RPE) และความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อน (Thermal sensation) ก่อนการเดินออกกำลังกาย และทำการถามและบันทึกค่าเหล่านี้ทุกๆ 5 นาทีขณะออกกำลังกาย

5. เริ่มเดินอบอุ่นร่างกายด้วยความเร็วที่อาสาสมัครเดินได้แบบสบาย ความชันที่ 0% โดยที่ผู้วิจัยเป็นคนปรับค่าความเร็วที่เหมาะสมตามความรู้สึกของอาสาสมัคร และผู้วิจัยจะจดบันทึกค่าความเร็วในการเดินอบอุ่นร่างกายนี้ไว้

6. เมื่ออบอุ่นร่างกายครบ 5 นาที ใน 10 วินาทีสุดท้าย ผู้วิจัยจะสอบถามและบันทึกค่าความเหนื่อย (RPE) ความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อน (Thermal sensation) อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) และทำการปรับเพิ่มความเร็ว ซึ่งเป็นความเร็วที่อาสาสมัครเดินเร็วแบบเต็มฝีก้าวที่เร็วที่สุด ซึ่งถ้าเดินเร็วกว่านี้จะต้องเปลี่ยนเป็นการวิ่ง และเพิ่มความชันของลู่วิ่งกล 2% ทุกๆ 5 นาที จนกว่าอัตราการเต้นของหัวใจถึง 45% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองสูงสุด เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจถึงตามที่กำหนดจะคงความเร็วและความชันนี้ไว้ และให้อาสาสมัครเดินด้วยความเร็วและความชันนี้จนครบ 30 นาที เพื่อให้คุ้นชินกับความเร็วและความชันของลู่วิ่งกล ผู้วิจัยจะทำการจดบันทึกค่าความเร็วและความชันนี้ไว้ เพื่อนำไปกำหนดเป็นความเร็วและความชันในการทดสอบออกกำลังกายในที่อากาศร้อนและที่อากาศเย็นของคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติ ก่อนสิ้นสุดการเดินออกกำลังกายผู้วิจัยให้

อาสาสมัครทำการเดิน cool down ประมาณ 5 นาทีด้วยความเร็วและความชันที่เท่ากับการเดินอบอุ่นร่างกาย เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจปรับลดลง

7. หลังจากการเดินทดสอบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยทำการถอดสายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และให้อาสาสมัครดื่มเครื่องดื่มชดเชยการเสียเหงื่อ สอบถามอาการความผิดปกติทางด้านร่างกายต่างๆ เมื่ออาสาสมัครหายเหนื่อยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการวัดความดันโลหิตของอาสาสมัคร เพื่อยืนยันความปกติของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต โดยความดันโลหิตของอาสาสมัคร ≤140/90 มิลลิเมตรปรอท และอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่า 100 ครั้งต่อนาที อาสาสมัครนั่งพักจนหายเหนื่อยจึงได้รับอนุญาตให้กลับบ้านได้



▲ = ทุกๆ 5 นาที วัด HR, RPE, Thermal sensation

ผู้วิจัยจะบันทึกค่าความเร็วและความชันที่เหมาะสมของแต่ละคน

รูปที่ 3.1 แสดง Protocol การทดสอบหาความเร็วและความชันที่เหมาะสมของการออกกำลังกาย

<u>การประเมินการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย</u>

ทำการประเมิน Fluid loss ด้วยการชั่งน้ำหนักแบบเปลือยบนเครื่องชั่งน้ำหนัก Yamato (DP-6100GP YAMATO SCALE CO.,LTD, AKASHI, JAPAN) เพื่อวัดปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย การชั่งน้ำหนักแบบเปลือยทำในห้องมิดชิดที่จัดเตรียมไว้ให้ ผู้วิจัยอธิบายและสาธิตวิธีการชั่งน้ำหนัก เมื่ออาสาสมัครทำการชั่งน้ำหนัก ผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกค่าด้วยตนเอง โดยที่มีผ้าม่านกั้นระหว่างอาสาสมัครกับผู้วิจัยซึ่งผู้วิจัยจะมองเห็นใบหน้าและเท้าของอาสาสมัครในขณะทำการขึ้นชั่ง ซึ่งเมื่อชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วไม่อนุญาตให้อาสาสมัรเข้าห้องน้ำจนกว่าจะทำการชั่งน้ำหนักแบบเปลือยอีกครั้งหลังจากออกกำลังกายเสร็จสิ้น เมื่อออกกำลังกายได้ครบตามเวลาที่กำหนดผู้วิจัยให้อาสาสมัครเช็ดเหงื่อให้แห้งด้วยผ้าขนหนูที่เตรียมไว้ให้แล้วทำการชั่งน้ำหนักทันที ปริมาณการสูญเสียน้ำสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักตัวที่หายไปหลังจากออกกำลังกาย

สูตรการคำนวณปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย ตอนที่ 1

FL = น้ำหนักตัวก่อนออกกำลังกาย – น้ำหนักตัวหลังจากออกกำลังกาย

สูตรการคำนวณปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย ตอนที่ 2

FL = (น้ำหนักตัวก่อนนั่งพักดื่มน้ำ – น้ำหนักตัวหลังจากออกกำลังกาย) – น้ำหนักของน้ำดื่ม

<u>การวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย</u>

1. ให้อาสาสมัครติดสายวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายด้วยตนเองโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ผู้วิจัยสาธิตและอธิบายวิธีการติดสายวัดอุณหภูมิให้แก่อาสาสมัคร

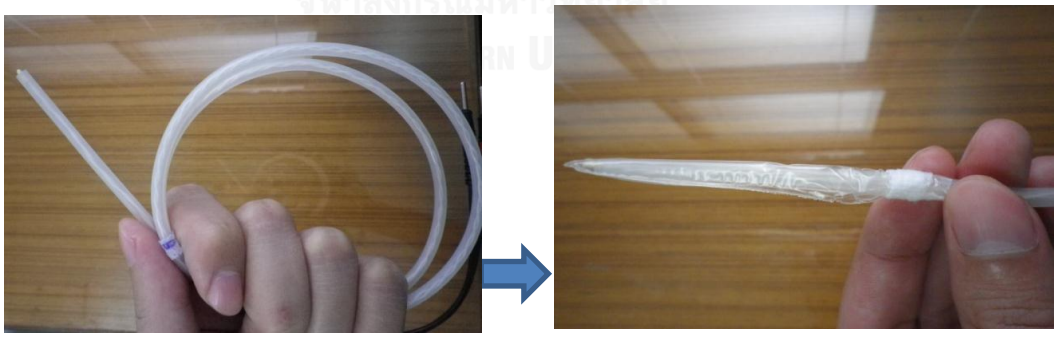
1.2 ผู้วิจัยประกอบสายวัดอุณหภูมิเข้ากับตัวหุ้มสายชนิดท่ออ่อนและสวมพลาสติกชนิดใช้แล้วทิ้งหุ้มปลายสายวัดอุณหภูมิแล้วติดด้วยเทปปิดแผล (Fixomull stretch) เพื่อยึดพลาสติกหุ้มปลายสายวัดไม่ให้เลื่อน และเป็นการติดเพื่อบอกระยะการสอดใส่สายวัดอุณหภูมิทางทวารหนักผ่านกล้ามเนื้อหูรูด (Anal Sprinter) เข้าไปประมาณ 10 เซนติเมตร

1.3 ผู้วิจัยใช้วาสลีน (Vaseline Intensive Care®) เพื่อหล่อลื่นรอบพลาสติกหุ้มปลายสายวัดอุณหภูมิ

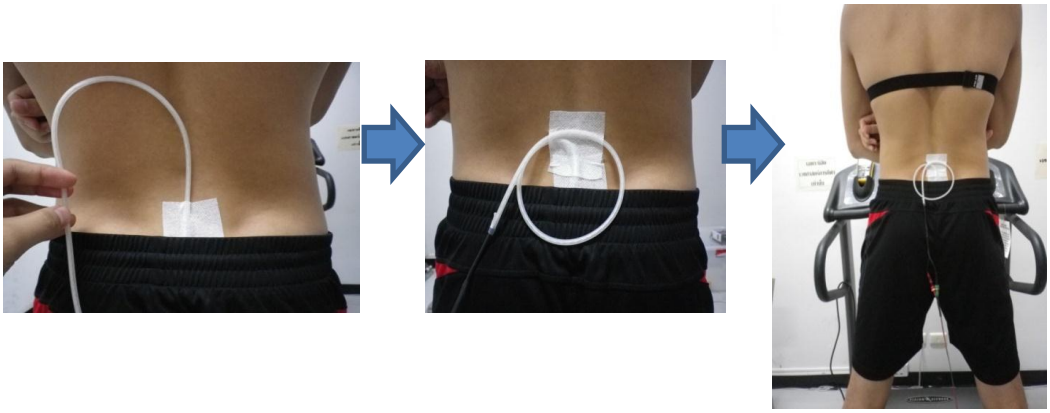
1.4 อาสาสมัครติดสายวัดอุณหภูมิในท่านอนตะแคง บนเตียง ในห้องส่วนตัวที่เตรียมไว้

1.5 เมื่ออาสาสมัครติดสายวัดอุณหภูมิเสร็จแล้วผู้วิจัยสอบถามเพื่อยืนยันวิธีการติดสาย และติดยึดสายวัดอุณหภูมิด้วยเทปปิดแผลไว้กับหลังส่วนล่างของอาสาสมัคร

1.6 ผู้วิจัยต่อสายวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายกับเครื่องเชื่อมต่อและแปลงสัญญาณสรีรวิทยา (BIOPAC Systems MP100 A, Inc Santa Barbara, California, U.S.A.) และอ่านค่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่ปรากฏบนหน้าจอมอนิเตอร์บันทึกผลแบบต่อเนื่องและโอนย้ายข้อมูลสู่ระบบคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.2 แสดงสายวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายทางทวารหนัก



รูปที่ 3.3 แสดงการติดเทปสายวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายทางทวารหนักเข้ากับด้านหลังของอาสาสมัคร

<u>การวัดความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อน</u>

ความรู้สึกเหนื่อยในขณะออกกำลังกายสามารถวัดได้โดยผู้วิจัยใช้ RPE Borg scale ซึ่งมีตัวเลขตั้งแต่ 6 ถึง 20 สอบถามความรู้สึกเหนื่อยของอาสาสมัครในขณะออกกำลังกาย ซึ่งความรู้สึกเหนื่อยนี้จะเป็นความรู้สึกเหนื่อยของร่างกายโดยรวม ตัวเลข 6 แสดงถึง ความรู้สึกสบายมากๆ ตัวเลขที่มากขึ้นแสดงถึงความเหนื่อยที่มากขึ้น จนถึง ตัวเลข 20 แสดงถึงความรู้สึกเหนื่อยมากที่สุดในชีวิต ในการศึกษาตอนที่ 1 ผู้วิจัยจะสอบถามค่าความรู้สึกเหนื่อยในขณะออกกำลังกายตั้งแต่นาทีที่ 0 คือขณะยืนนิ่งก่อนออกกำลังกายและถามอีกทุกๆ 5 นาทีในขณะออกกำลังกาย จนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบ และในการศึกษาตอนที่ 2 ผู้วิจัยจะสอบถามความรู้สึกเหนื่อยตั้งแต่ขณะนั่งพักหลังดื่มน้ำเสร็จทันทีในนาทีที่ -30 และถามอีกในทุกๆ 5 นาที ทั้งในขณะนั่งพักและขณะออกกำลังกายจนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบ

ความรู้สึกร้อนหรือความรู้สึกต่ออุณหภูมิความร้อนของอาสาสมัคร สามารถวัดได้จากการสอบถามความรู้สึกร้อนหรือเย็นของอาสาสมัครในขณะออกกำลังกาย โดยผู้วิจัยใช้ค่าตัวเลขซึ่งมีตัวเลขตั้งแต่ -4 ถึง 4 ในการสอบถาม โดย ตัวเลขที่มีค่าน้อย จะแสดงถึงความรู้สึกหนาวเย็น เช่น -4 คือรู้สึกหนาวมาก (ดูรายละเอียดในหน้า 7 Operational Definition) ตัวเลขที่เพิ่มขึ้นคือความรู้สึกร้อนที่เพิ่มมากขึ้น โดยตัวเลข 4 แสดงถึง ความรู้สึกร้อนมาก ในการทดลองที่ 1 ผู้วิจัยจะสอบถามค่าความรู้สึกร้อนในขณะออกกำลังกายตั้งแต่นาทีที่ 0 คือขณะยืนนิ่งก่อนออกกำลังกายและถามอีกทุกๆ 5 นาทีในขณะออกกำลังกาย จนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบ และในการศึกษาตอนที่ 2 ผู้วิจัยจะสอบถามความรู้สึกร้อนตั้งแต่ขณะนั่งพักหลังดื่มน้ำเสร็จทันทีในนาทีที่ -30 และถามอีกในทุกๆ 5 นาที ทั้งในขณะนั่งพักและขณะออกกำลังกาย จนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบ

วิธีควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของห้องทดสอบออกกำลังกาย

1. สร้างความร้อนภายในห้องโดยเครื่องทำความร้อนแบบเซรามิคอินฟราเรดแท่ง สร้างและส่งคลื่นความร้อนแบบอินฟราเรด ซึ่งใช้แท่งเซรามิคอินฟราเรด 8 แท่ง กำลังไฟแท่งละ 650 วัตต์ ติดไว้ที่ผนังห้องทั้ง 4 ด้าน และควบคุมการปล่อยคลื่นความร้อนโดยตู้ควบคุม ซึ่งผู้วิจัยปรับลดและเพิ่มความร้อนตามมาตรวัดอุณหภูมิอากาศ (FLUKE ® 52 II THERMOMETER)

2. สร้างความเย็นภายในห้องโดย เครื่องปรับอากาศ (Trane ® MCX518 EBOTBA) การปรับลดและเพิ่มอุณหภูมิโดยผู้วิจัยตามมาตรวัดอุณหภูมิอากาศ (FLUKE ® 52 II THERMOMETER)

3. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยการปิดห้องไว้ตลอดเวลาในขณะทำการทดสอบออกกำลังกาย และสังเกตค่าความชื้นที่วัดได้จากเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (WET AND DRY THERMOMETER) ถ้าสภาพความชื้นของอากาศไม่เพียงพอจะทำการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยการเปิดน้ำไว้ที่อ่างน้ำและใช้ฟองน้ำชุบน้ำวางไว้ตามมุมและผนังห้องเพิ่มการระเหยของน้ำจนกว่าจะได้ปริมาณความชื้นตามที่กำหนดไว้จึงจะเริ่มทำการทดลองและขณะทำการทดลองจะเปิดพัดลมดูดอากาศที่เพดานเพื่อระบายอากาศในห้องทดสอบออกกำลังกายหากความชื้นในอากาศมากเกินไปซึ่งอาจเกิดขึ้นในวันที่มีฝนตกหนักจะทำการเลื่อนวันทดสอบออกไปก่อน

ตอนที่ 1 การทดสอบออกกำลังกายในที่อากาศร้อนและที่อากาศเย็นของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ

ลำดับในการทดสอบการเดินออกกำลังกายใน 2 สภาวะ ด้วยการสุ่มเลือก ทำโดยการจับฉลากให้อาสาสมัครออกกำลังกายในที่อากาศร้อน อุณหภูมิ 30-31℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5% และในที่อากาศเย็นอุณหภูมิ 23-24℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5% ระยะห่างระหว่างของทั้งสองสภาวะคือประมาณ 3-7 วัน

1. เมื่ออาสาสมัครเดินทางมาถึงห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้อาสาสมัครนั่งพักประมาณ 15 นาที วัดความดันโลหิต และวัดอุณหภูมิร่างกายทางรักแร้ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะและประเมินองค์ประกอบของร่างกายโดยทำการชั่งน้ำหนักที่เครื่อง BIA เพื่อประเมินระดับน้ำในร่างกายโดยดูจากค่าความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะและค่าปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายของอาสาสมัคร ผู้วิจัยสอบถามกิจวัตรประจำวัน การปฏิบัติตนตามข้อตกลง ความเมื่อยล้าจากการเดินทาง ซึ่งถ้าอาสาสมัครเกิดความเมื่อยล้าจากการเดินทางผู้วิจัยจะให้อาสาสมัคร นั่งหรือนอนพัก 20-30 นาที เมื่อหายเหนื่อยและพร้อมที่จะออกกำลังกายผู้วิจัยจึงอนุญาตให้ทำการทดสอบออกกำลังกายได้

2. การทดสอบเดินออกกำลังกายโดยมีขั้นตอนดังนี้

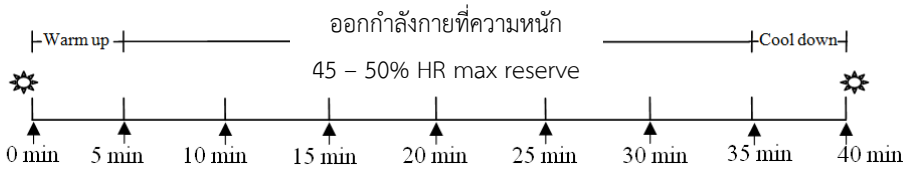
2.1 ให้อาสาสมัครยืนนิ่งบนลู่วิ่งกล ผู้วิจัยสอบถามระดับความรู้สึกเหนื่อย (RPE) ความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อน (Thermal sensation) และบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) วัดและบันทึกค่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (Tre) แบบต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์

2.2 เริ่มเดินอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ความชัน 0% ด้วยความเร็วแบบเดินสบายที่ได้จากการทดสอบหาความเร็วและความชันที่เหมาะสมของแต่ละคนในวันแรกที่มาที่ห้องปฏิบัติการ เมื่อครบ 5 นาที ใน 10 วินาทีสุดท้าย ผู้วิจัยจะถามความรู้สึกเหนื่อย (RPE) ความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อน (Thermal sensation) และบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) และจะถามและบันทึกค่าทุกๆ 5 นาทีขณะทดสอบออกกำลังกาย

2.3 เมื่ออบอุ่นร่างกายเสร็จแล้วผู้วิจัยจะปรับความเร็วและความชันของพื้นลู่วิ่งกลขึ้น จนถึงความเร็วในการเดินเร็วเต็มฝีก้าวที่เหมาะสมของแต่ละคน ซึ่งค่าความเร็วและความชันนี้ได้จากการทดสอบหาความเร็วและความชันที่เหมาะสมของแต่ละคนในวันแรกที่มาที่ห้องปฏิบัติการ

2.4 ขณะที่อาสาสมัครเดินทดสอบออกกำลังกาย ผู้วิจัยสังเกตและสอบถามความผิดปกติต่างๆขณะออกกำลังกายของอาสาสมัครและกระตุ้นให้กำลังใจอย่างต่อเนื่อง

2.5 เมื่อเดินทดสอบได้ครบ 30 นาที ผู้วิจัยจะปรับความเร็วและความชันของลู่วิ่งกลลงมาเป็นการ cool down ใช้ความเร็วและความชันเท่ากับขณะอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที



รูปที่ 3.4 แสดงการทดลองการออกกำลังกายในที่ร้อนและที่เย็น

<u>ตอนที่ 2 การทดสอบผลของการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่อากาศร้อนของคนอ้วน</u>

สุ่มการทดลองในอาสาสมัครคนอ้วนที่ห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศให้คงที่ 30-31℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5% โดยก่อนออกกำลังกายมีการดื่มน้ำเย็นอุณหภูมิ 0.5±0.5℃ หรือการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 30.5±0.5℃ แต่ละการทดลองห่างกันประมาณ 3-7วัน

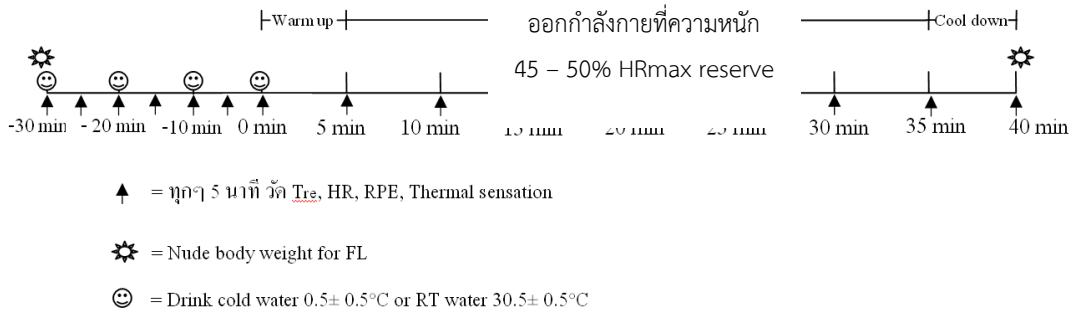
1. เมื่ออาสาสมัครเดินทางมาถึงห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้อาสาสมัครนั่งพักประมาณ 15 นาที วัดความดันโลหิต และวัดอุณหภูมิร่างกายทางรักแร้ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะและทำการประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง BIA เพื่อประเมินระดับน้ำในร่างกายโดยดูจากค่าความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะและค่าปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายของอาสาสมัคร ผู้วิจัยสอบถามกิจวัตร

ประจำวัน การปฏิบัติตนตามข้อตกลง ความเมื่อยล้าจากการเดินทาง ซึ่งถ้าอาสาสมัครเกิดความเมื่อยล้าจากการเดินทางผู้วิจัยจะให้อาสาสมัคร นั่งหรือนอนพัก 20-30 นาที เมื่อหายเหนื่อยและพร้อมที่จะออกกำลังกายผู้วิจัยจึงจะอนุญาตให้ทำการทดสอบออกกำลังกายได้

1.1 การดื่มน้ำเย็น 0.5±0.5°C ปริมาณ 15.6 $g \cdot kg^{-1}$ ของน้ำหนักมวลกล้ามเนื้อ โดยการดื่มผ่านหลอดจากแก้วน้ำที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้ ใช้เวลาในการดื่มแต่ละครั้งไม่เกิน 1 นาที โดยดื่มในช่วงนั่งพักในห้องอุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5% ก่อนการออกกำลังกาย ทำการแบ่งให้ดื่ม 4 ครั้งเท่าๆกัน คือ 30 นาที 20 นาที 10 นาทีและก่อนออกกำลังกายทันที

1.2 การดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 30.5±0.5°C ปริมาณที่เท่ากันวิธีการดื่มแบบเดียวกันกับข้อ 1.1

2.การทดสอบเดินออกกำลังกายของอาสาสมัคร ใช้วิธีการเดินเร็วเต็มฝีก้าวบนลู่วิ่งกลแบบเดียวกันวิธีการและขั้นตอนเดียวกันกับการทดสอบเดินออกกำลังกายของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น แต่จะทำการวัดและบันทึกค่าต่างๆตั้งแต่ก่อนเริ่มดื่มน้ำ ค่าดังกล่าวได้แก่ HR ความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อน (Thermal sensation) ระดับความรู้สึกเหนื่อย (RPE) และปริมาณการสูญเสียน้ำ (FL) และทำการวัดและบันทึกค่าแบบต่อเนื่องสำหรับอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (Tre) และบันทึกค่าทุกๆ 5 นาที สำหรับ อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อน (Thermal sensation) และความรู้สึกเหนื่อย (RPE) และปริมาณการสูญเสียน้ำ (FL) คำนวณได้จากน้ำหนักตัวที่หายไปหลังจากออกกำลังกาย



รูปที่ 3.5 แสดงการทดลองเพื่อศึกษาผลของการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อน

ข้อบ่งชี้ในการหยุดการทดสอบออกกำลังกาย

1. อาสาสมัครเดินออกกำลังกายได้ครบตามเวลาที่กำหนดในการทดสอบออกกำลังกาย ซึ่งประกอบไปด้วย เดินอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ต่อด้วยเดินเร็วเต็มฝีก้าวที่ความชันที่เหมาะสมของแต่ละบุคคล 30 นาที และเดิน Cool down นาน 5 นาที ด้วยความเร็วและความชันที่เท่ากันกับเดินอบอุ่นร่างกาย โดยไม่มีความผิดปกติทางด้านร่างกายใดๆ หรือ

2. มีอาการผิดปกติทางด้านร่างกาย เช่น หน้ามืด วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน เจ็บแน่นหน้าอก สีของผิวหนังซีดจางผิดไปจากปกติ เจ็บข้อเข่าหรือข้อเท้าจนทนไม่ไหวหรือมีอาการเจ็บปวดที่กล้ามเนื้อจนเดินต่อไม่ไหวหรือ
3. HR >75% ของ Age predicted maximal heart rate reserve หรือ
4. อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่วัดทางลำไส้ตรงมีค่าถึง 39°C หรือ
5. ค่าความเหนื่อยในขณะออกกำลังกาย (RPE) ถึง 17 หรือ
6. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในขณะทำการทดสอบออกกำลังกายเกิดการขัดข้อง หรือ
7. อาสาสมัครขอหยุดการทดสอบ

<u>มาตรการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นขณะออกกำลังกาย</u>

1. รูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ในการทดสอบเป็นการออกกำลังกายด้วยความหนักระดับปานกลาง ด้วยการเดินเร็วบนลู่วิ่งกล ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ
2. ให้อาสาสมัครมีโอกาสทำความคุ้นเคยกับการเดินบนลู่วิ่งสายพานในวันแรก (1 st Visit) และมีการ Warm up ทุกครั้ง
3. ผู้วิจัยจะยืนอยู่ข้างๆอาสาสมัครขณะเดินออกกำลังกาย เพื่อสังเกตอาการความผิดปกติต่างๆของอาสาสมัครและคอยประคองป้องกันการล้ม
4. หากมีเหตุฉุกเฉินที่ต้องหยุดออกกำลังกายกะทันหันผู้วิจัยจะกดปุ่ม Emergency Stop ที่เครื่องลู่วิ่งกลเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของสายพานทันที
5. ผู้วิจัยสอบถามอาการความผิดปกติต่างๆทางด้านร่างกายของอาสาสมัครอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งสิ้นสุดการออกกำลังกาย
6. อาสาสมัครสามารถใช้มือประคองจับราวของลู่วิ่งกลเพื่อป้องกันการล้ม ขณะผู้วิจัยปรับเพิ่มความเร็วและความชันตามรูปแบบและวิธีการทดสอบออกกำลังกาย
7. การทดสอบออกกำลังกายมีข้อกำหนดในการหยุดที่ชัดเจนซึ่งสามารถป้องกันการเกิดอันตรายต่ออาสาสมัครขณะออกกำลังกายได้
8. ขณะทำการทดสอบออกกำลังกายมีแพทย์เป็นผู้ดูแลเฝ้าระวังเรื่องความปลอดภัย

3. การรวบรวมข้อมูล (Data Processing)

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและอัตราการเต้นของหัวใจจะถูกเก็บข้อมูลในทุกๆ 5 นาที ตลอดการทดสอบออกกำลังกาย โดยค่าในขณะออกกำลังกาย 30 นาที (ไม่รวม warm up และ cooldown) นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยแล้วจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ทั้งในการทดลองตอนที่ 1 และ 2

ความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนจะถูกเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาทีตลอดการทดสอบเช่นกัน แต่จะนำเอาข้อมูลเฉพาะในนาทีที่ 0 คือก่อนออกกำลังกาย และนาทีที่ 30 คือสิ้นสุดการทดสอบออกกำลังกาย มาทำการเปรียบเทียบ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่ามัธยฐานและค่าพิสัยควอไทล์ในการคำนวนความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ทั้งในการทดลองที่ 1 และ 2

4. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

1) แสดงผล ค่าคุณลักษณะพื้นฐาน (อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก มวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน ปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายก่อนออกกำลังกายและความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะก่อนออกกำลังกาย) อุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณการสูญเสียน้ำ อัตราการสูญเสียน้ำ ด้วยค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และแสดงผลความรู้สึกเหนื่อย และความรู้สึกร้อน ด้วยค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยควอไทล์ (Interquartile Range)

2) วิเคราะห์ตัวแปรทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าคุณลักษณะพื้นฐานและปริมาณการสูญเสียน้ำ อัตราการสูญเสียน้ำ ระหว่างกลุ่มคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Independent sample t-test

วิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณการสูญเสียน้ำ อัตราการสูญเสียน้ำความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะก่อนออกกำลังกายและปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายก่อนออกกำลังกาย ระหว่างการดื่มน้ำเย็นกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องโดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Paired sample t-test

วิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างกลุ่มคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติ และการดื่มน้ำเย็นกับน้ำอุณหภูมิห้องโดยใช้ two-way ANOVA, repeated measures with Bonferroni adjustment สำหรับ post hoc analysis

วิเคราะห์ความแตกต่างของความรู้สึกเหนื่อย และความรู้สึกร้อนระหว่างกลุ่มคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติ โดยใช้ Nonparametric 2 Independent sample with Mann whitney u test

วิเคราะห์ความแตกต่างของความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนระหว่างการดื่มน้ำเย็นกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง โดยใช้ Nonparametric 2 related sample with Wilcoxon signed ranks test

3) ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Chulalongkorn University

5. ข้อพิจารณาทางจริยธรรม (Ethical Consideration)

หลักการเคารพในบุคคล (Respect for person)

1) อาสาสมัครทุกคนมีสิทธิ์ในการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยได้โดยอิสระ และสามารถขอถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกเมื่อ ไม่ว่าด้วยเหตุผลใดๆ ก็ตาม

2) อาสาสมัครทุกคนมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3) ข้อมูลส่วนตัวของอาสาสมัครทุกคนจะเป็นความลับแต่อาจถูกเปิดเผยต่อสาธารณะเพื่อประโยชน์ทางวิชาการ โดยไม่ระบุชื่อของอาสาสมัคร

4) อาสาสมัครทุกคนจะได้รับคำชี้แจงโดยละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ก่อนการลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

หลักผลประโยชน์ (Beneficence)

1) อาสาสมัครทุกคนได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยง และความไม่สบายและประโยชน์ที่อาจจะได้รับจากการวิจัย

2) การวิจัยจะต้องไม่ทำให้อาสาสมัครได้รับบาดเจ็บ หากรู้สึกว่ามีความผิดปกติของร่างกายหรืออวัยวะส่วนหนึ่งส่วนใดอันเกิดจากการเข้าร่วมการวิจัย อาสาสมัครมีสิทธิ์ขอถอนตัวได้ทันที

หลักยุติธรรม (Justice)

1) อาสาสมัครจะถูกคัดเลือกด้วยเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกอย่างชัดเจน และถูกสุ่มรับการทดสอบด้วยความเท่าเทียมกัน

6. ข้อจำกัดในการวิจัย (Limitation)

1) ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมระดับกิจกรรมในชีวิตประจำวันของอาสาสมัครได้

2) ผู้วิจัยไม่สามารถทำการ Blind Intervention ระหว่าง น้ำเย็น กับน้ำอุณหภูมิห้องได้

7. อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการวิจัยและมาตรการในการแก้ไข (Obstacle and strategies to solve the problem)

1) อาสาสมัครหายากและต้องมาที่ห้องปฏิบัติการหลายครั้งจึงเป็นอุปสรรคในการหาผู้เข้าร่วมงานวิจัย รวมทั้งการวัด T_{re} เป็นสิ่งที่ทำให้อาสาสมัครไม่อยากทำ เพราะไม่คุ้นเคย หรือกลัวเจ็บ

2) การติดสายวัดอุณหภูมิที่ทวารหนักอาจทำได้ยากโดยผู้วิจัย เนื่องจากเหตุผลด้านความเป็นส่วนตัวจำเป็นต้องให้อาสาสมัครติดสายด้วยตนเอง ตามคำแนะนำของผู้วิจัย

3) การออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วนอาจเกิดการบาดเจ็บจากความร้อนได้ผู้วิจัยจึงมีมาตรการลดและป้องกันความเสี่ยงโดยมีเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกอย่างชัดเจน ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายในระดับปานกลางซึ่งค่อนข้างปลอดภัย เลือกทำการทดสอบในสภาพอากาศที่ไม่ร้อนจัดและมีเกณฑ์ในการหยุดการทดสอบอย่างรัดกุมชัดเจน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะของอาสาสมัคร

อาสาสมัครชายอ้วนที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ 12 คน และอาสาสมัครชายน้ำหนักปกติที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ 12 คน สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งอาสาสมัครได้รับข้อมูลข่าวสารการรับสมัครโดยผู้วิจัยติดต่อชักชวนโดยตรงทั้งทางการพูดคุยปกติและทางโทรศัพท์ และผู้วิจัยทำการติดแผ่นป้ายประกาศรับสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัยไว้ตามที่ต่างๆในพื้นที่ของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และพื้นที่อื่นๆในกรุงเทพมหานคร การเก็บข้อมูลงานวิจัยผู้วิจัยทำการทดลองใช้เวลาทั้งหมด 4 เดือน มีอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าที่สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัยทั้งสิ้น 33 คนแยกเป็นคนน้ำหนักปกติ 14 คน แล้วคัดออกตามเกณฑ์คัดออก 2 คน เหลือ 12 คนและคนอ้วน 18 คน คัดออกตามเกณฑ์คัดออก 6 คน เหลือ 12 คน ในขณะที่ทำการทดลองมีอาสาสมัครชายอ้วน 1 คน ไม่สามารถมาทำการทดลองต่อได้จนครบ เพราะมีปัญหาส่วนตัว ผู้วิจัยจึงพิจารณาไม่นำเอาข้อมูลเข้ามาวิเคราะห์ และได้ประกาศรับอาสาสมัครเพิ่มเติมจนได้ข้อมูลครบ ทั้ง 24 คนลักษณะของอาสาสมัครแสดงในตารางที่ 1 ในการทดลองตอนที่ 1 อาสาสมัครออกกำลังกายใน 2 สภาวะในห้องควบคุมอุณหภูมิ คือในที่อากาศเย็น 23.4±0.10℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 75.1±0.24% และที่อากาศร้อน 30.6±0.21℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 77.0±1.96% และในการทดลองตอนที่ 2 อาสาสมัครอ้วนทั้ง 12 คน ทำการทดลองผลของการดื่มน้ำเย็น 0.75±0.26℃ เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 30.62±0.22℃ ก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อน 30.6±0.14℃ ความชื้นสัมพัทธ์ 77.26±1.03%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน mean(SD) คุณลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัครชายอ้วนเปรียบเทียบกับชายน้ำหนักปกติ

	น้ำหนักปกติ (n=12)	อ้วน (n=12)	ค่า P - value
อายุ(year)	25(5)	29(5)	.071
น้ำหนัก(kg)	63.27 (8.88)	97.55 (10.81)	<.001
ส่วนสูง(cm)	171.41(6.77)	171.16(4.74)	.918
ดัชนีมวลกาย(kg/m^2)	21.46 (2.00)	33.27 (3.36)	<.001
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก(bpm)	62(10)	69(10)	.090
มวลกล้ามเนื้อ(kg)	29.05 (4.08)	36.58 (4.59)	<.001
มวลไขมัน (kg)	11.91(4.17)	33.85 (7.02)	<.001
ปริมาณน้ำในร่างกาย (kg) #	38.05(4.44)	46.89(5.22)	<.001
ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะ #	1.015(0.08)	1.015 (0.07)	<1.00

ก่อนออกกำลังกาย

ตอนที่1

ผลการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายขณะเดินออกกำลังกายระดับปานกลาง 30 นาที ไม่มีความแตกต่างกันทั้งในที่อากาศร้อน (30-31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5%) และที่อากาศเย็น (23-24°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5%) แต่ปริมาณการสูญเสียน้ำของคนอ้วน (OM) เปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ (NWM) มีความแตกต่างกันผลการทดลองจากอาสาสมัครทั้ง 24 คน แสดงในตารางที่ 4.2 A และตาราง 4.2 B

ตารางที่ 4.2 A แสดงค่าตัวบ่งชี้ต่างๆในชายอ้วนและชายน้ำหนักปกติก่อนและหลังออกกำลังกายในที่อากาศเย็น

ตัวแปรที่ศึกษา	อากาศเย็น		P
	อ้วน(n=12)	ปกติ(n=12)	
ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะก่อนออกกำลังกาย	1.015(0.008)	1.016 (0.006)	0.889
ปริมาณน้ำในร่างกายก่อนออกกำลังกาย (kg)	46.55(6.46)	37.99 (4.77)	0.001
ปริมาณการสูญเสียน้ำ(mL)	443.33(98.65)	283.33(108.15)	0.001
อัตราการสูญเสียน้ำ (mL/min)	14.77(3.29)	9.43(3.61)	0.001
สัดส่วนการสูญเสียน้ำต่อน้ำหนักตัว (% L/Kg·BW)	0.44(0.07)	0.44(0.15)	0.881
สัดส่วนการสูญเสียน้ำต่อมวลกล้ามเนื้อ (% L/Kg·MM)	1.20(0.19)	0.96(0.31)	0.034
อุณหภูมิแกนกลาง(°C)	37.77 (0.08)	37.68(0.08)	0.463
อัตราการเต้นของหัวใจ(bpm)	126.4(2.1)	127.8(2.1)	0.631
ความรู้สึกเหนื่อย	15.0(2)	15.5(2)	0.096
ความรู้สึกร้อน	2.5(3)	3.0(1)	0.095

- ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Mean(SD) ยกเว้นความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนแสดงเป็นค่ามัธยฐานและพิสัยควอไทล์ Median(IQR)

- Kg·BW = Kilogarm of body weight

- Kg·MM = Kilogarm of muscle mass

การออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางในที่อากาศเย็นของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายไม่มีความแตกต่างกัน แต่คนอ้วนมีปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายมากกว่าคนน้ำหนักปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.2 B แสดงค่าตัวบ่งชี้ต่างๆในชายอ้วนและชายน้ำหนักปกติ ก่อนและหลังออกกำลังกายในที่อากาศร้อน

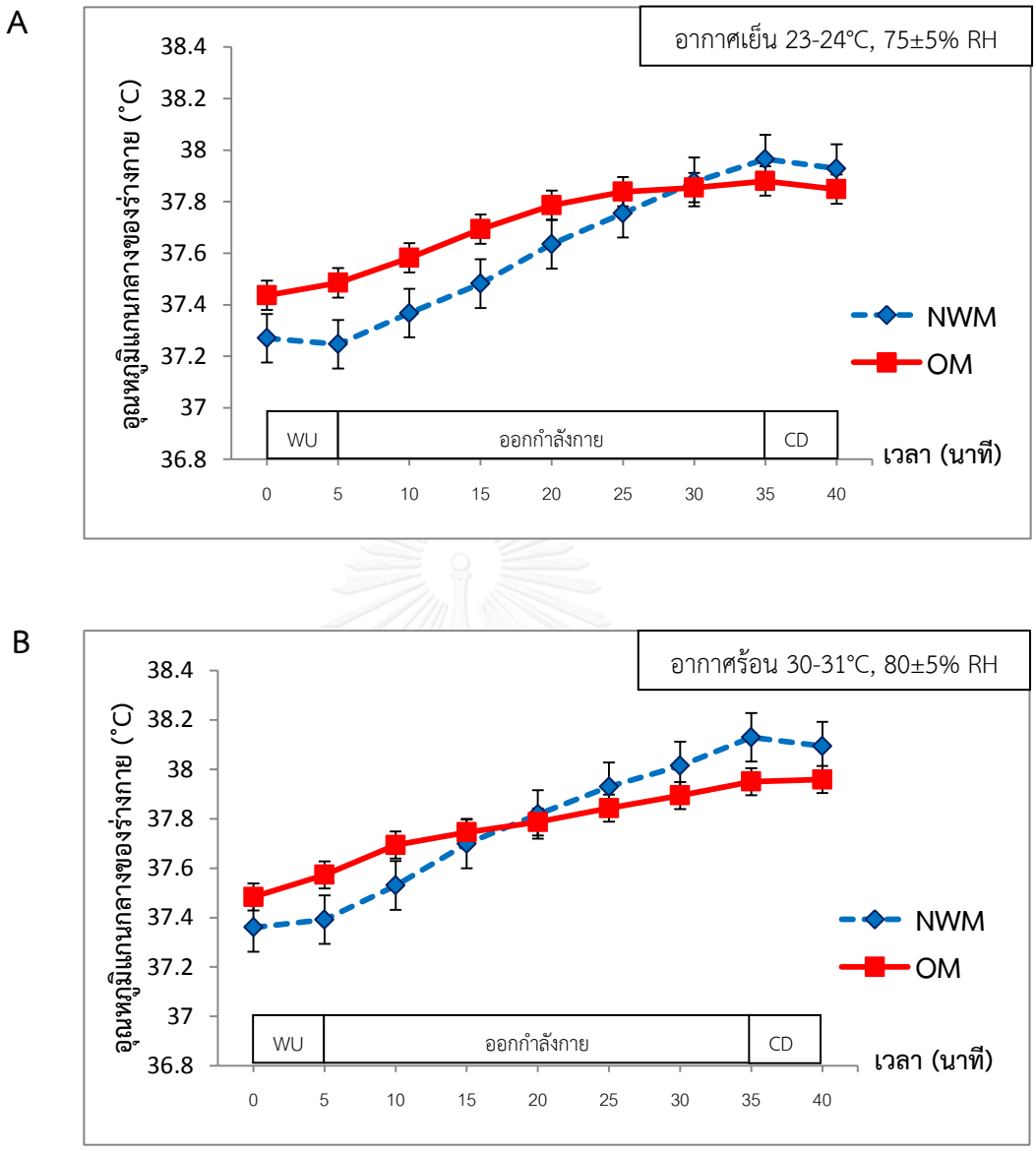
ตัวแปรที่ศึกษา	อากาศร้อน		P
	อ้วน(n=12)	ปกติ(n=12)	
ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะก่อนออกกำลังกาย	1.013(0.006)	1.012(0.009)	0.799
ปริมาณน้ำในร่างกายก่อนออกกำลังกาย(kg)	47.38(5.69)	37.99(4.63)	0.001
ปริมาณการสูญเสียน้ำ(mL)	632.50(126.57)	438.33(126.62)	0.001
อัตราการสูญเสียน้ำ(mL/min)	21.08(4.22)	14.60(4.22)	0.001
สัดส่วนการสูญเสียน้ำต่อน้ำหนักตัว (% L/Kg·BW)	0.64(0.09)	0.68(0.16)	0.473
สัดส่วนการสูญเสียน้ำต่อมวลกล้ามเนื้อ (% L/Kg·MM)	1.73(0.25)	1.50(0.36)	0.086
อุณหภูมิแกนกลาง(°C)	37.82(0.06)	37.85(0.06)	0.725
อัตราการเต้นของหัวใจ(bpm)	134.6(2.3)	137.9(2.3)	0.325
ความรู้สึกเหนื่อย	16.0(4.0)	16.0(1.0)	0.332
ความรู้สึกร้อน	4.0(1.0)	4.0(0.0)	0.356

- ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Mean(SD) ยกเว้นความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนแสดงเป็นค่ามัธยฐานและพิสัยควอไทล์ Median(IQR)

- Kg·BW = Kilogarm of body weight

- Kg·MM = Kilogarm of muscle mass

การออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางในที่อากาศร้อนของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายไม่มีความแตกต่างกัน แต่คนอ้วนมีปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายมากกว่าคนน้ำหนักปกติ

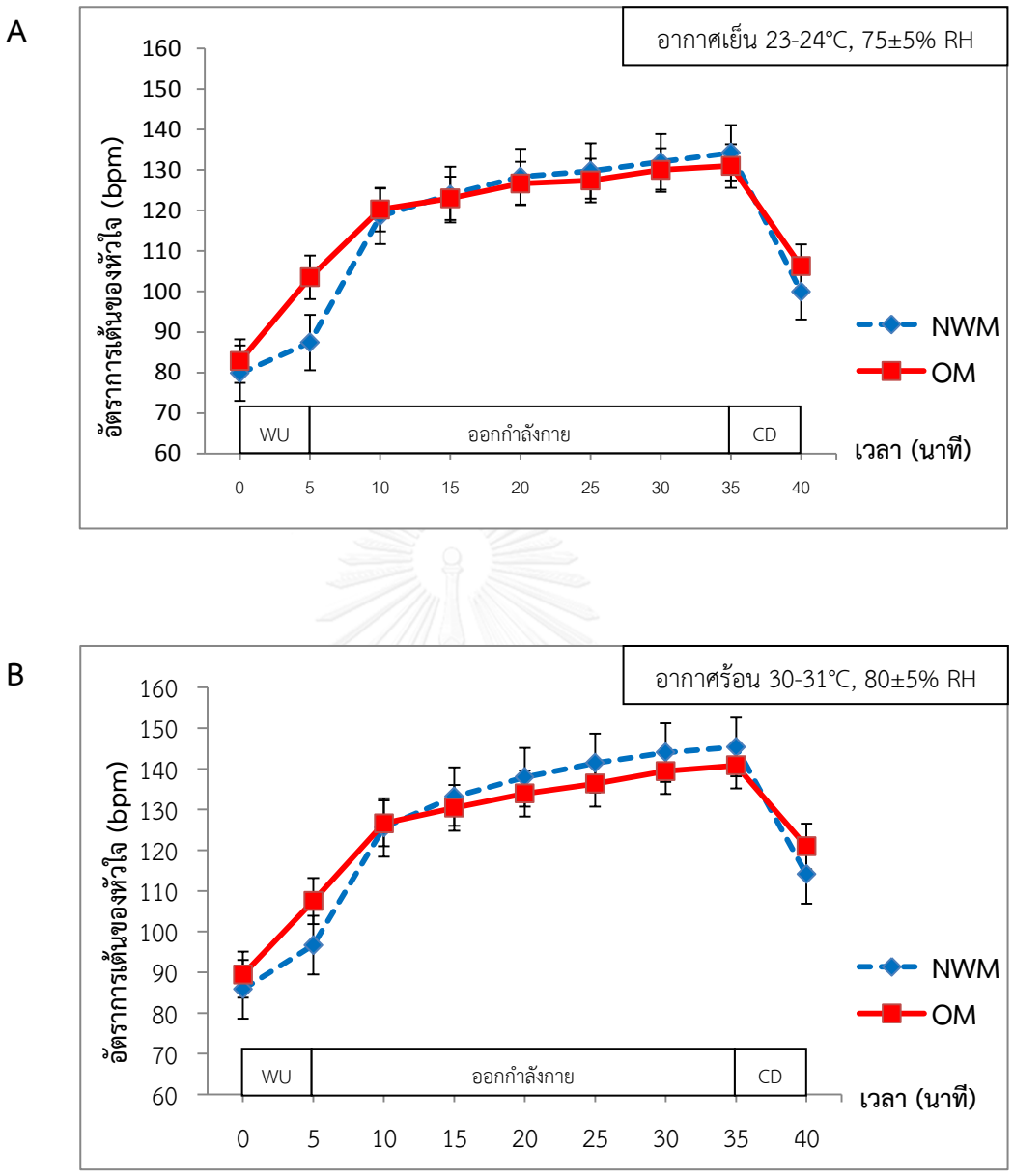


รูปที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของคนอ้วน (OM) เปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ (NWM) ในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็น (รูป A) และที่อากาศร้อน (รูป B)

WU = Warm up

CD = Cool dawn

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายระหว่างคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติในขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลางไม่มีความแตกต่างกันในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน



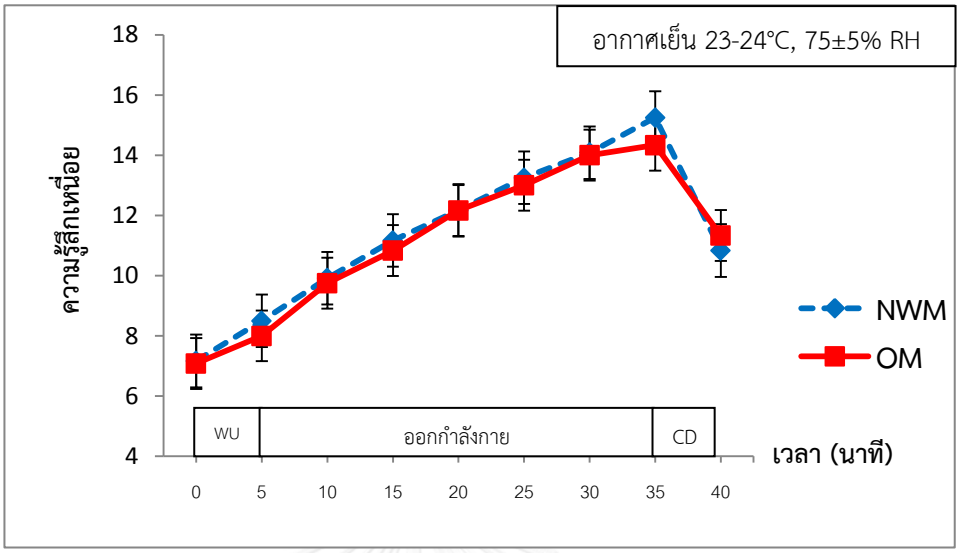
รูปที่ 4.2 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจของคนอ้วน (OM) เปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ (NWM) ในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็น (รูปA) และที่อากาศร้อน (รูป B)

WU = Warm up

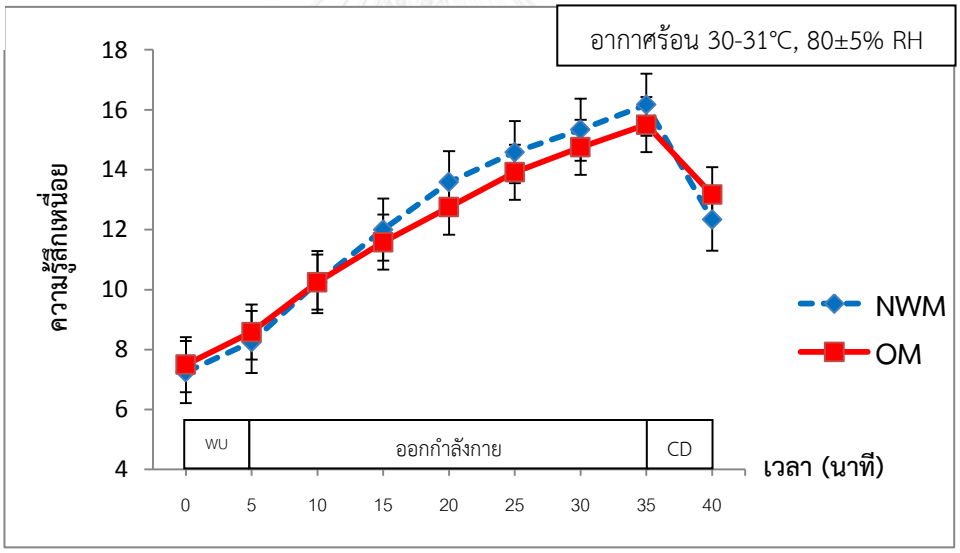
CD = Cool dawn

อัตราการเต้นของหัวใจระหว่างคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติในขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลางไม่มีความแตกต่างกันในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน

A



B



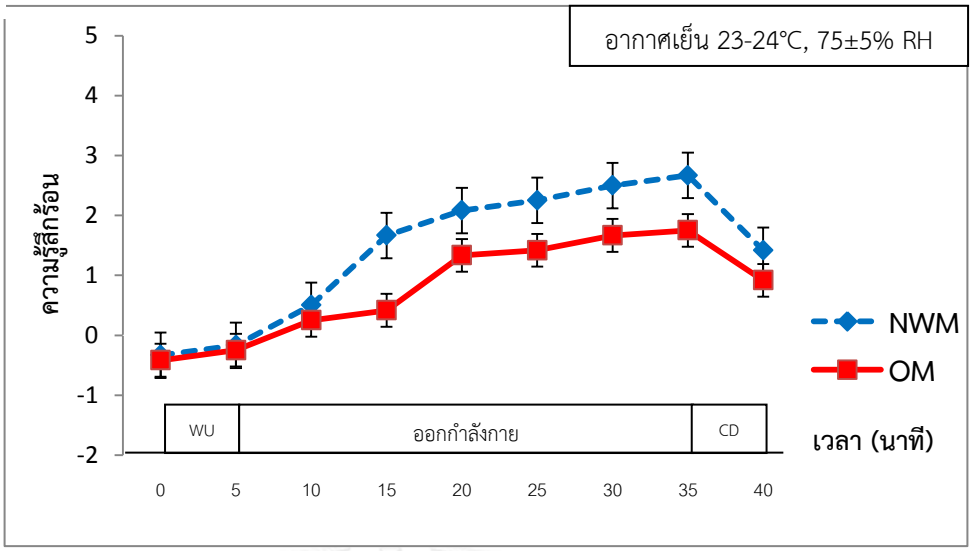
รูปที่ 4.3 แสดงความรู้สึกเหนื่อย (6-20 Scales) ของคนอ้วน (OM) เปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ (NWM) ในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็น (รูป A) และที่อากาศร้อน (รูป B)

WU = Warm up

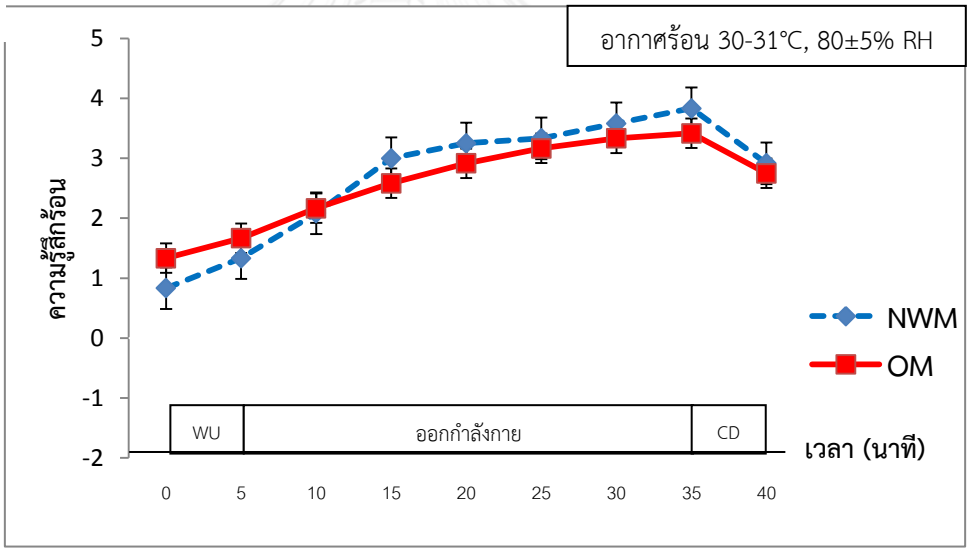
CD = Cool dawn

ความรู้สึกเหนื่อยระหว่างคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติในขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลางไม่มีความแตกต่างกันในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน

A



B

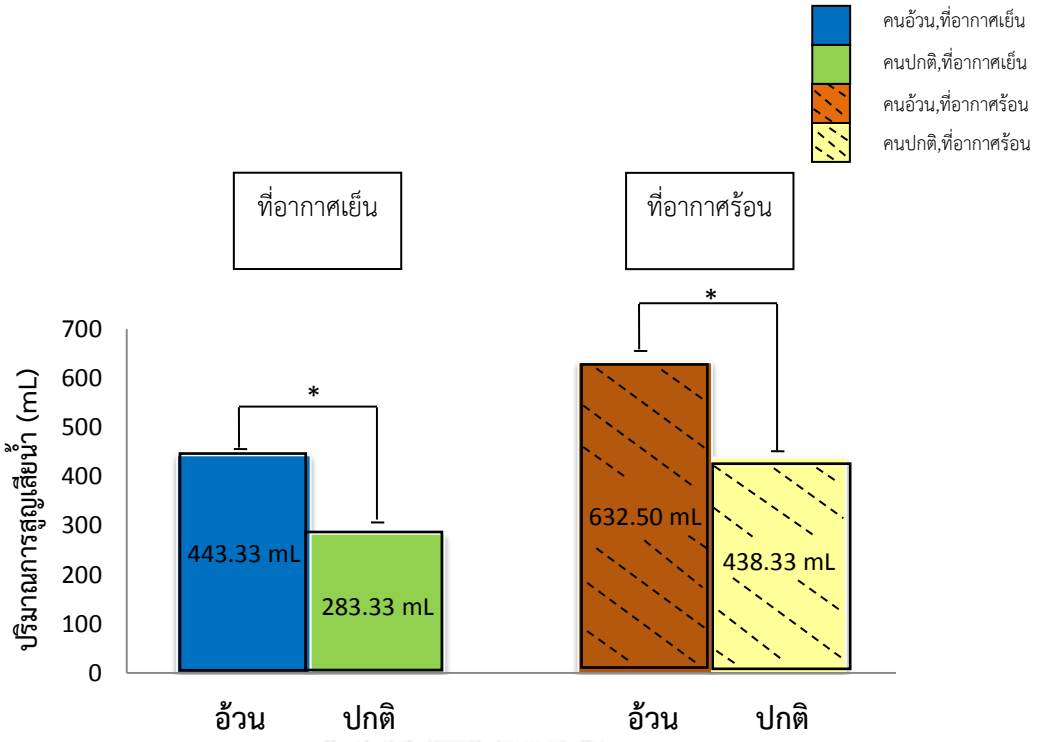


รูปที่ 4.4 แสดงความรู้สึกร้อนของคนอ้วน (OM) เปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ(NWM) ในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็น (รูป A) และที่อากาศร้อน (รูป B)

WU = Warm up

CD = Cool dawn

ความรู้สึกร้อนระหว่างคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติในขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลางในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนไม่มีความแตกต่างกัน



รูปที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายของคนอ้วน (OM) เปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ (NWM) ในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็น 23.4±0.10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75.1±0.24% และที่อากาศร้อน 30.6±0.21°C ความชื้นสัมพัทธ์ 77.0±1.96%
* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$

ปริมาณการสูญเสียน้ำในการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน คนอ้วนมีปริมาณการสูญเสียน้ำที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ

ตอนที่ 2

ผลของการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนของคนอ้วน

การดื่มน้ำจะแบ่งปริมาณการดื่มออกเป็น 4 ครั้ง ปริมาณเท่าๆกัน ก่อนการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 30 นาที โดยดื่มทุกๆ 10 นาที คือ ดื่มครั้งแรกในนาทีที่ -30,-20,-10,0 ตามลำดับ โดยผู้วิจัยเป็นคนตวงปริมาตรน้ำและวัดอุณหภูมิทุกครั้งก่อนที่ให้อาสาสมัครทำการดื่มผ่านหลอด ในขณะนั่งพักในที่อากาศร้อน

การให้ความเย็นด้วยการดื่มน้ำเย็น 0.5±0.5°C เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 30.5±0.5°C ก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อน 30-31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5% ของคนอ้วนไม่

สามารถเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย แต่สามารถลดการสูญเสียน้ำในขณะออกกำลังกายในที่อากาศร้อนได้ผลการทดลองจากอาสาสมัครอ้วนทั้ง 12 คน แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าตัวบ่งชี้ต่างๆของคนอ้วน เมื่อทำการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อน

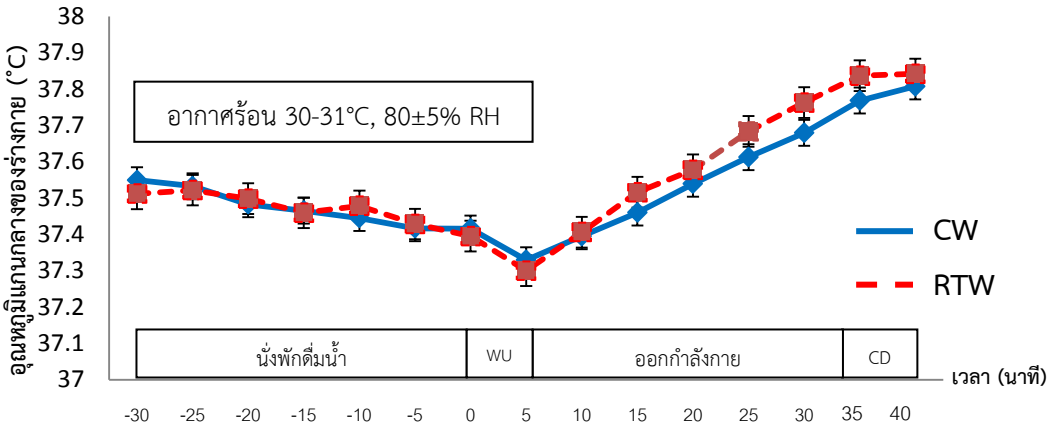
ตัวแปรที่ศึกษา	อากาศร้อน		P
	ดื่มน้ำเย็น	ดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง	
ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะก่อนการออกกำลังกาย	1.014(0.008)	1.017(0.007)	0.236
ปริมาณน้ำในร่างกายก่อนออกกำลังกาย(kg)	47.358(5.412)	46.967(5.634)	0.367
ปริมาณการสูญเสียน้ำ(mL)	646.67 (139.82)	735.00(126.95)	0.010
อัตราการสูญเสียน้ำ(mL/min)	21.55(4.66)	24.50(4.23)	0.010
สัดส่วนการสูญเสียน้ำต่อน้ำหนักตัว(% L/Kg·BW)	0.66(0.12)	0.75(0.10)	0.006
สัดส่วนการสูญเสียน้ำต่อมวลกล้ามเนื้อ(% L/Kg·MM)	1.77(0.33)	2.01(0.29)	0.006
ความรู้สึกเหนื่อยก่อนออกกำลังกาย	8.0(1.0)	8.0(1.0)	0.317
ความรู้สึกเหนื่อยหลังออกกำลังกาย	15.0(1.0)	15.0(2.0)	0.119
ความรู้สึกร้อนก่อนออกกำลังกาย	1.0(1.0)	2.0(1.0)	0.007
ความรู้สึกร้อนหลังออกกำลังกาย	3.0(1.0)	3.0(0.0)	0.083
อุณหภูมิแกนกลาง(°C)	37.57(0.07)	37.63(0.05)	0.296
อัตราการเต้นของหัวใจ(bpm)	130.8(1.7)	134.1(1.9)	0.024

- ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Mean(SD) ยกเว้นความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อนแสดงเป็นค่ามัธยฐานและพิสัยควอไทล์ Median(IQR)

- Kg·BW = Kilogarm of body weight

- Kg·MM = Kilogarm of muscle mass

การดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางในที่อากาศร้อนของคนอ้วน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายไม่มีความแตกต่างกัน แต่การดื่มน้ำเย็นมีผลทำให้ลดปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายได้มากกว่าการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง



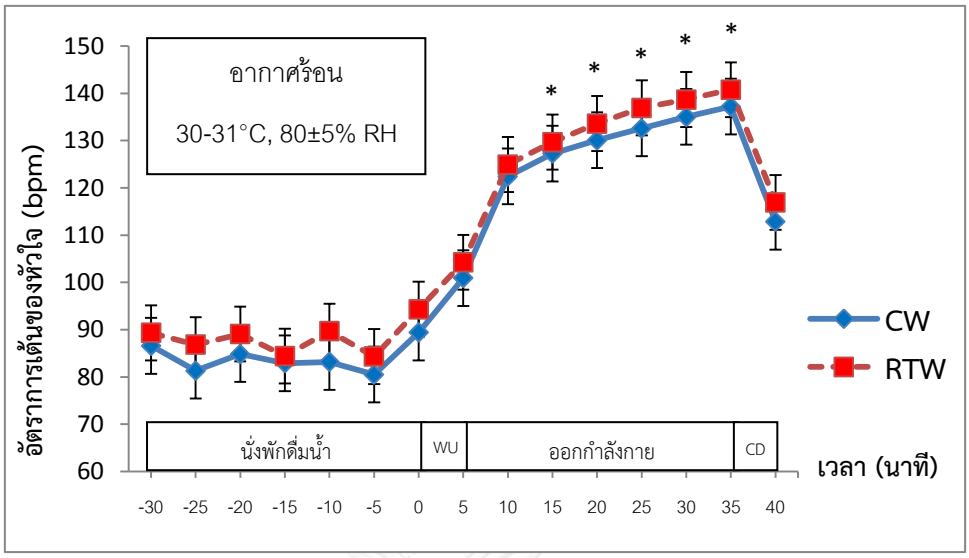
รูปที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายระหว่างการดื่มน้ำเย็น (CW) เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (RTW) ก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนของคนอ้วน (n=12)

WU = Warm up

CD = Cool down

T_{re} 30 นาทีที่ก่อนออกกำลังกาย CW=37.55°C, RTW=37.51°C ก่อนออกกำลังกายนาทีที่ 0 CW=37.42°C, RTW=37.40°C หลังจาก Warm up 5 นาที CW=37.33°C, RTW=37.30°C หลังจากเดินเร็ว 5 นาที (นาทีที่ 10 จากกราฟข้างบน) CW=37.40°C, RTW=37.41°C, หลังจากเดินเร็วครบ 30 นาที (นาทีที่ 35 จากกราฟข้างบน) CW=37.77°C, RTW=37.84°C และหลังจาก Cool down CW=37.81°C, RTW=37.84°C

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่วัดทางทวารหนัก T_{re} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P=0.296 ระหว่างการดื่มน้ำเย็น 0.75±0.26°C เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง 30.62±0.22°C ก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อน 30.69±0.142°C, ความชื้นสัมพัทธ์ 77.26±1.033% ของคนอ้วน (OM) ทั้งหมด 12 คน



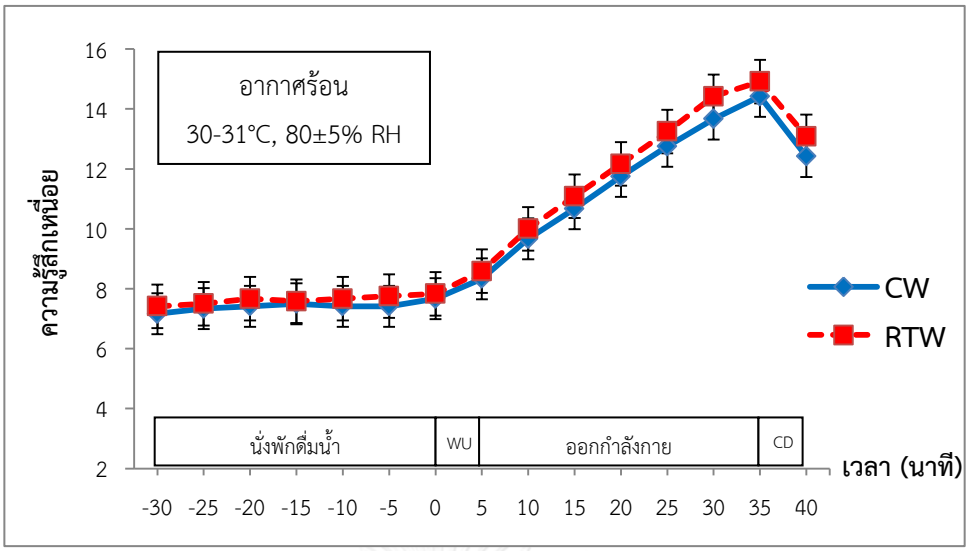
รูปที่ 4.7 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการดื่มน้ำเย็น (CW) เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (RTW) ก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วน (n=12)

WU = Warm up

CD = Cool down

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P<0.05

จากกราฟอัตราการเต้นของหัวใจมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในนาทีที่ 15 (CW 130.1 bpm, RTW 133.6 bpm; P=0.026) นาทีที่ 20 (CW 132.6 bpm, RTW 136.9 bpm; P=0.012) นาทีที่ 25 (CW 135.0 bpm, RTW 138.7 bpm; P=0.051) และในนาทีที่ 35 (CW 137.2 bpm, RTW 140.8 bpm; P=0.039) การดื่มน้ำเย็น (CW) ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (RTW) ในขณะออกกำลังกายในที่ร้อน 30.69±0.142°C, ความชื้นสัมพัทธ์ 77.26±1.033%

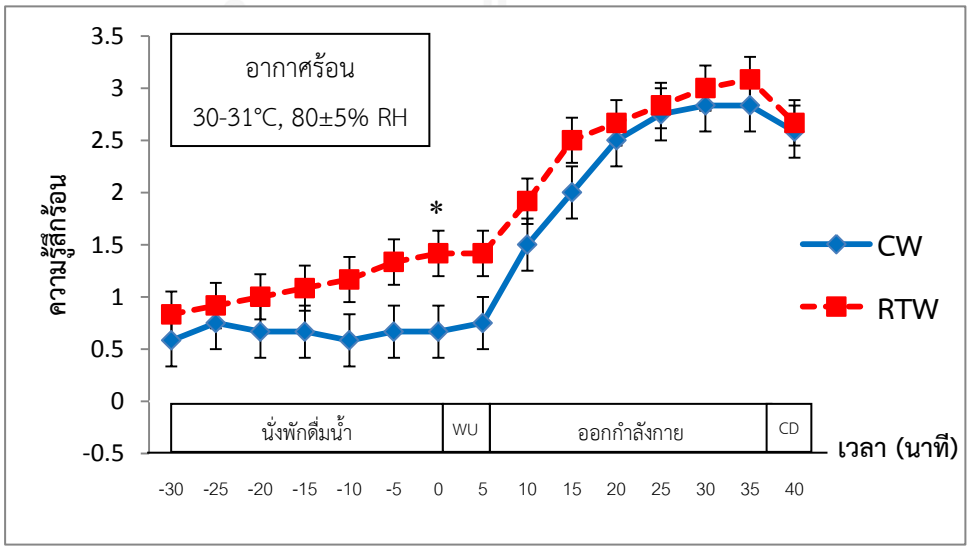


รูปที่ 4.8 แสดงความรู้สึกเหนื่อยระหว่างการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วน

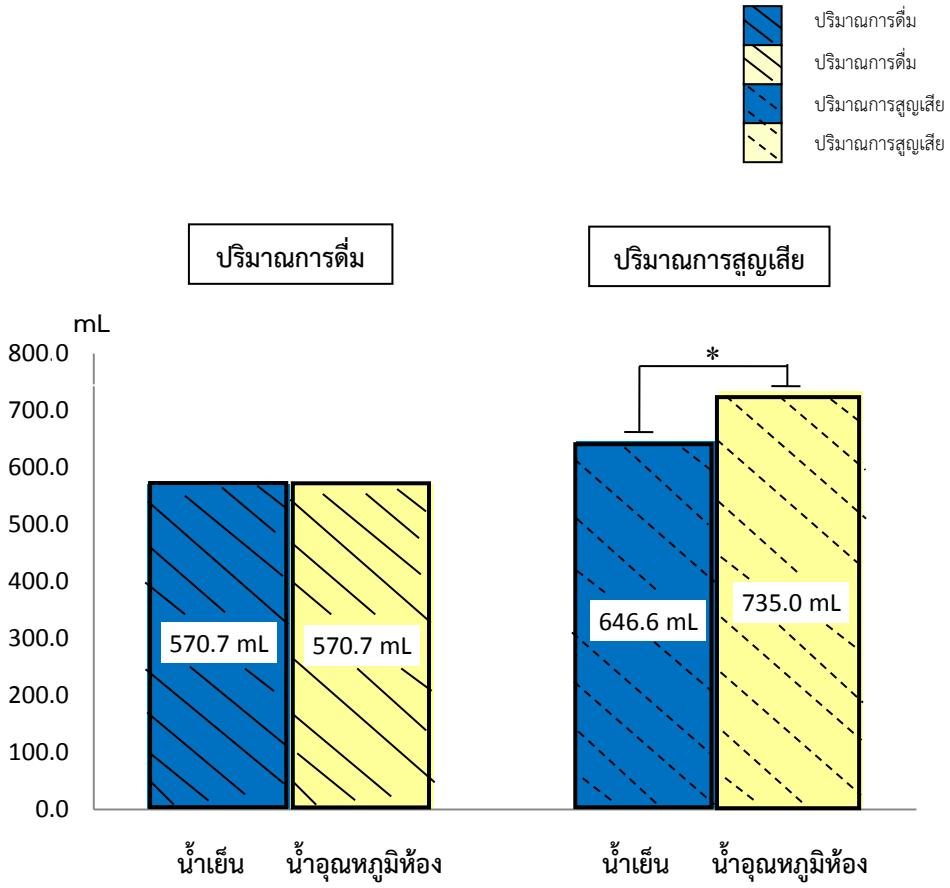
WU = Warm up

CD = Cool down

ความรู้สึกเหนื่อยขณะออกกำลังกายหรือ Rate perceived exertion (RPE) ค่าตัวเลข 6-20 ไม่มีความแตกต่างกัน



รูปที่ 4.9 แสดงความรู้สึกร้อนระหว่างการดื่มน้ำเย็น (CW) เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (RTW) ก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อน * ค่า P value = 0.007



รูปที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายในที่อากาศร้อน จากการดื่มน้ำเย็น (CW) เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (RTW) ของคนอ้วน(n=12)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P = 0.01

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากลักษณะของอาสาสมัครคนอ้วน 12 คน เปรียบเทียบกับอาสาสมัครคนน้ำหนักปกติ 12 คน อายุ ส่วนสูง อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ไม่มีความแตกต่างกัน จึงยืนยันได้ว่าอาสาสมัครคนอ้วนและอาสาสมัครคนน้ำหนักปกติทั้ง 24 คน ไม่มีความแตกต่างกันในด้านสมรรถภาพทางกายพื้นฐาน แต่อาสาสมัครคนอ้วน มีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อ มวลไขมันและปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายมากกว่าอาสาสมัครคนน้ำหนักปกติ ซึ่งยืนยันถึงความถูกต้องตามเกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าสู่งานวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ

ปริมาณน้ำในร่างกาย

ปริมาณน้ำในร่างกายของอาสาสมัครก่อนทำการทดสอบเดินออกกำลังกายในที่เย็น 23°C-24°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5% และที่ร้อน 30°C-31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±5% ดูได้จากค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะและค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกาย จะเห็นได้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะของอาสาสมัครอ้วนและอาสาสมัครน้ำหนักปกติไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าระดับของน้ำภายในร่างกายอยู่ในระดับปกติไม่มีการขาดน้ำทั้งในคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติ แต่ปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายของคนอ้วนมากกว่าคนน้ำหนักปกติเพราะขนาดของร่างกายที่ใหญ่กว่าปริมาณเลือดในร่างกายที่มากกว่า [12] รวมทั้งมีมวลของกล้ามเนื้อและไขมันที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ การมาทดสอบแต่ละครั้งผู้วิจัยได้กำหนดให้อาสาสมัครดื่มน้ำให้เพียงพอก่อนมาที่ห้องปฏิบัติการ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายของอาสาสมัครน้ำหนักปกติ ในการทดสอบแต่ละครั้งคือ 38.05 kg. ในวันทดสอบพื้นฐาน 37.99 kg. ในการออกกำลังกายในที่เย็น และ 37.99 kg. ในการออกกำลังกายในที่ร้อน และในคนอ้วน คือ 46.89 kg.ในการทดสอบพื้นฐาน 46.55 kg. ในการออกกำลังกายในที่เย็น 47.38 kg.ในการออกกำลังกายในที่ร้อน 47.36 kg.ในการดื่มน้ำเย็น และ 46.97 kg.ในการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง แสดงว่าระดับ Hydration status มีความใกล้เคียงกันในการทำการทดลองแต่ละครั้งของอาสาสมัคร

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย

จากการศึกษาพบว่าขณะออกกำลังกายระดับความหนักปานกลางที่ 45-50% HR reservesเป็นเวลา 30 นาที ด้วยวิธีการเดินเร็วเต็มฝีก้าวระหว่างคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่วัดทางทวารหนัก (Rectal temperature) ไม่มีความแตกต่างกัน

ทั้งในที่อากาศเย็น (อ้วน 37.77±0.08℃, ปกติ 37.68± 0.08℃; P=0.463) และที่อากาศร้อน (อ้วน 37.82±0.06℃, ปกติ 37.85±0.06℃; P=0.725) ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นสูงสุดของอุณหภูมิแกนกลางร่างกายของคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติในขณะออกกำลังกายในที่อากาศเย็น คือ ในนาทีที่ 30 (อ้วน 37.88±0.25℃, ปกติ 37.96±0.32℃; P=0.482) และในที่อากาศร้อน คือ ในนาทีที่ 30 (อ้วน 37.95±0.23℃, ปกติ 38.12±0.27℃; P=0.103) การที่อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของคนอ้วนไม่แตกต่างจากคนน้ำหนักปกตินั้นแสดงว่าคนอ้วนมีกลไกการระบายความร้อนจากร่างกายสู่สิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ [27,28] โดยเฉพาะวิธีการหลั่งเหงื่อ ซึ่งสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางจนถึงขั้นที่เป็นอันตรายขณะออกกำลังกายได้ [25,26] โดยการศึกษานี้อุณหภูมิเฉลี่ยขณะออกกำลังกายในที่เย็นของคนอ้วนคือ 37.77℃ ซึ่งความหนักของการออกกำลังกายอยู่ที่ระดับปานกลาง สอดคล้องกับการศึกษาอุณหภูมิแกนกลางในคนอ้วนของ Hofmannและคณะ ในปี 2012 โดยพบว่าอุณหภูมิแกนกลางเฉลี่ยขณะปั่นจักรยาน 20 นาที ด้วยความหนักระดับปานกลางของกลุ่มชายอ้วนอยู่ที่ 37.38℃ [33] และสอดคล้องกับการศึกษาการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบใช้ระยะเวลายาวนานในคนอ้วน ของ Isvogelและคณะในปี 2011 ที่พบแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นสูงสุดของอุณหภูมิแกนกลางร่างกายในคนอ้วนมากกว่าคนน้ำหนักปกติ (P=0.06) แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแกนกลางของคนอ้วนเมื่อเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติเช่นเดียวกัน [28] แตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้าของ Lee และคณะ ในปี 2008 ที่ศึกษาการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนของคนน้ำหนักปกติโดยการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุ่นก่อนทดสอบปั่นจักรยานในที่ร้อนพบว่าอุณหภูมิแกนกลางสูงสุดเพิ่มขึ้นสูงถึง 39.5±0.4℃ โดยระดับความหนักในการทดสอบคือ 66±2% VO2peak และให้อาสาสมัครปั่นจักรยานแบบต่อเนื่องจนกระทั่งรู้สึกเมื่อยล้าและไม่สามารถปั่นต่อไปได้ [43] ซึ่งการทดสอบของ Lee มีจุดมุ่งหมายที่จะทดสอบความสามารถสูงสุดของอาสาสมัครคนน้ำหนักปกติที่เป็นนักกีฬา การตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางร่างกายในการศึกษาของ Lee จึงมีความแตกต่างกันกับการศึกษานี้ที่มีจุดมุ่งหมายในการทดสอบในกลุ่มคนอ้วนที่ต้องการ ออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ

อัตราการเต้นของหัวใจ

อัตราการเต้นของหัวใจของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติขณะออกกำลังกายทั้งในที่อากาศเย็น (อ้วน 126.4±2.1bpm., ปกติ 127.8±2.1bpm; P=0.631) และในที่อากาศร้อน(อ้วน 134.6±2.33, ปกติ 137.9±2.3; P=0.325) ไม่มีความแตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกาย 30 นาที ในที่เย็นของคนอ้วนคิดเป็น 66.18% ของ HR reserve คนน้ำหนักปกติ 65.53% ของ HR reserve ส่วนในที่ร้อนคนอ้วน 70.47% ของ HR reserve คนน้ำหนักปกติ 70.71% ของ HR reserve โดยค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นสูงสุดของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายในที่อากาศเย็น เกิดขึ้นในนาทีที่ 30 (อ้วน 131.0±5.2 bpm, ปกติ 134.3±9.47 bpm;

P=0.309) และในที่อากาศร้อนเกิดในนาทีที่ 30 เช่นกัน (อ้วน 140.8±6.7 bpm, ปกติ 145.3±12.5 bpm; P=0.284) ทั้งนี้การออกกำลังกายในที่เย็นการเพิ่มขึ้นสูงสุดคิดเป็น 67.18% ของ HR reserve ในคนอ้วน และ 68.71% ของ HR reserve ในคนปกติ ส่วนในที่อากาศร้อนการเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ 74.36% ของ HR reserve ในคนน้ำหนักปกติ และ 73.30% HR reserve ในคนอ้วน สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า ได้แก่ การศึกษาการดื่มน้ำเย็นก่อนการปั่นจักรยานทดสอบในที่ร้อนของ Lee และคณะ [43] และอื่นๆ [44,45] ซึ่งพบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจจะเกิดขึ้นสูงสุดในนาทีสุดท้ายของการทดสอบออกกำลังกาย จะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายในที่อากาศร้อนถึงแม้ว่าจะใช้ความหนักในการออกกำลังกายที่เท่ากันกับการออกกำลังกายในที่อากาศเย็น แต่อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายในที่อากาศร้อนมีค่าที่สูงกว่า เพราะการออกกำลังกายในที่อากาศร้อนมีผลทำให้การทำงานของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการระบายความร้อนจากภายในร่างกายออกสู่สิ่งแวดล้อมทำได้ยากขึ้น เพราะโดยปกติแล้วร่างกายจะสามารถถ่ายเทความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยการแผ่รังสีมากถึง 60% ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด เมื่ออุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 21°C-25°C ซึ่งการแผ่รังสีนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวกลางในการนำความร้อนเช่น น้ำ หรืออากาศ แต่เมื่อสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงใกล้เคียงหรือมากกว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีนี้จึงทำได้น้อยลง ร่างกายจึงต้องพึ่งพาวิธีอื่นๆ เช่น การระเหยของเหงื่อโดยการทำงานของต่อมเหงื่อ ที่เกิดจากการถูกกระตุ้นจากระบบประสาทซิมพาเทติก ร่วมกับกลไกการไหลเวียนเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณผิวหนังนำพาความร้อนออกจากร่างกาย เหงื่อที่ขับออกมาจะมีการระเหยที่ผิวหนัง เป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพมาก แต่ต้องอาศัยตัวกลางคือน้ำ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมคือความชื้นในอากาศและแรงลม [24] ถ้าร่างกายต้องมีการหลั่งเหงื่อเป็นระยะเวลานานโดยที่ไม่มีการชดเชยน้ำขณะออกกำลังกายจะส่งผลทำให้เกิดภาวะขาดน้ำ ซึ่งถ้าปริมาณน้ำในหลอดเลือดลดลง จะส่งผลเสียต่อระบบหัวใจและการไหลเวียนโลหิต โดยที่ร่างกายจะมีการกระตุ้นให้เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อรักษาระดับปริมาณเลือดที่ไหลเวียนออกจากหัวใจต่อนาที (Cardiac output) ให้คงที่ จึงเป็นสาเหตุทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่ใช้ระยะเวลานานในที่อากาศร้อนมีการเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นสบาย

ความรู้สึกเหนื่อย (RPE)

ความรู้สึกเหนื่อยของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติไม่มีความแตกต่างกันทั้งในขณะออกกำลังกายในที่อากาศเย็น Median(IQR) [อ้วน 15.0(2.0), ปกติ 15.5(2.0); P=0.096] และในที่อากาศร้อน Median(IQR) [อ้วน 16.0(4.0), ปกติ 16.0(1.0); P=0.189] ค่าเฉลี่ยความรู้สึกเหนื่อยสูงสุดในขณะออกกำลังกายในที่เย็นคือในนาทีที่ 30 [อ้วน 14.3(1.3), ปกติ 15.2(1.1); P=0.071] และในที่ร้อนนาทีที่ 30 [อ้วน 15.5(1.4), ปกติ 16.1(0.7); P=0.167] จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศมีอิทธิพลต่อความรู้สึกเหนื่อยในขณะออกกำลังกายโดยการออกกำลังกายในที่อากาศร้อนจะมี

ผลทำให้ค่าความรู้สึกเหนื่อยมากกว่าการออกกำลังกายในที่อากาศเย็น ถึงแม้ว่าจะใช้ความหนักในการออกกำลังกายที่เท่ากันก็ตาม สอดคล้องกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาในด้านการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนโลหิต และในการศึกษานี้ระดับความรู้สึกเหนื่อยเฉลี่ยตลอดเวลาในการทดสอบออกกำลังกายด้วยการเดินเร็วของคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติในที่เย็นคือ 12 หมายถึงความรู้สึกเหนื่อยที่อยู่ระหว่างเริ่มรู้สึกเหนื่อยถึงค่อนข้างเหนื่อย และในที่อากาศร้อนคือ 13 หมายถึงค่อนข้างเหนื่อย และค่าความรู้สึกเหนื่อยสูงสุดในการออกกำลังกายในที่อากาศเย็นคือ 14 - 15 หมายถึงความรู้สึกที่อยู่ระหว่างความรู้สึกค่อนข้างเหนื่อยถึงรู้สึกเหนื่อย และในที่อากาศร้อนระดับความรู้สึกเหนื่อยอยู่ที่ 15-16 คือ รู้สึกเหนื่อยแต่ยังไม่ถึงขั้นเหนื่อยมาก ซึ่งตรงตามจุดมุ่งหมายของโปรแกรมการทดสอบออกกำลังกายในงานวิจัยนี้ ที่ต้องการให้ระดับความเหนื่อยในขณะทดสอบออกกำลังกายอยู่ที่ระดับปานกลาง ซึ่งการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องระดับความหนักปานกลางนี้เหมาะสมกับการออกกำลังกายเพื่อลดน้ำหนัก ควบคุมน้ำหนักและป้องกันการกลับมาอ้วนซ้ำของคนที่มีภาวะอ้วน [13,14]

ความรู้สึกร้อน

ความรู้สึกร้อนของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติไม่มีความแตกต่างกันทั้งในขณะออกกำลังกายในที่อากาศเย็น Median(IQR) [อ้วน 2.5(3.0), ปกติ 3.0(1.0); P=0.095] และในที่อากาศร้อน Median(IQR) [อ้วน 4.0(1.0), ปกติ 4.0(0.0); P=0.356] ค่าเฉลี่ยความรู้สึกร้อนสูงสุดขณะทดสอบออกกำลังกายอยู่ในช่วงนาทีสุดท้ายคือในนาทีที่ 30 ในที่อากาศเย็น [อ้วน 1.8(1.5), ปกติ 2.7 (1.3); P=0.122] และในที่อากาศร้อน [อ้วน 3.4(0.6), ปกติ 3.8(0.4); P=0.036] ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยของความรู้สึกร้อนในที่อากาศเย็นที่ไม่มีความแตกต่างกันนี้แปลผลได้ว่า ขณะออกกำลังกายคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติมีความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อนอยู่ที่ระดับรู้สึกอุ่นถึงรู้สึกร้อน และในการออกกำลังกายในที่อากาศร้อนค่าความรู้สึกรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อนอยู่ที่ระดับรู้สึกร้อนมาก ส่วนค่าเฉลี่ยสูงสุดของความรู้สึกร้อนในขณะออกกำลังกายในที่อากาศเย็นอยู่ในนาทีสุดท้ายของการทดสอบซึ่งแปลผลได้ว่ารู้สึกอุ่นถึงรู้สึกร้อน และค่าเฉลี่ยสูงสุดของความรู้สึกร้อนในการออกกำลังกายในที่อากาศร้อนพบในนาทีสุดท้ายของการทดสอบเช่นกันคือรู้สึกร้อนถึงร้อนมาก ความรู้สึกร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลเสียต่อการออกกำลังกายคือทำให้เกิดความเมื่อยล้าเร็วและคงความหนักในการออกกำลังกายได้ยากขึ้น

ปริมาณการสูญเสียน้ำ

ปริมาณการสูญเสียน้ำในขณะออกกำลังกายของคนอ้วนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติทั้งในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนในการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบสัมบูรณ์ในที่เย็น [อ้วน 443.33(98.65mL), ปกติ 283.33(108.15mL); P=0.001] และในที่ร้อน [อ้วน 632.50(126.57mL), ปกติ 438.33(126.62mL); P=0.001] แต่ปริมาณการสูญเสียน้ำแบบสัมพัทธ์เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว

ของคนอ้วนกับคนน้ำหนักปกติไม่ต่างกัน ทั้งในที่เย็น (อ้วน 0.44±0.07%, ปกติ 0.44(0.15%); P=0.881] และในที่ร้อน [อ้วน 0.64(0.09%), ปกติ 0.68(0.16%); P=0.473] แม้ว่าคนอ้วนมีการสูญเสียน้ำแบบสัมบูรณ์จากการหลั่งเหงื่อมากกว่าคนน้ำหนักปกติ แต่ด้วยน้ำหนักตัวที่มากจากไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายทำให้การคำนวณค่าแบบสัมพัทธ์ไม่ต่างกัน ค่าเฉลี่ยปริมาณการสูญเสียน้ำต่อมวลกล้ามเนื้อของอาสาสมัครในที่เย็น [อ้วน 1.20(0.19%), ปกติ 0.96(0.31%); P=0.034] และในที่ร้อน [อ้วน 1.73(0.25%), ปกติ 1.50(0.36%); P=0.086] เพราะสิ่งที่เป็นตัวทำให้เกิดการเคลื่อนไหวแท้จริงแล้วคือกล้ามเนื้อไม่ใช่ไขมันส่วนเกิน และในเนื้อเยื่อไขมันมีน้ำเป็นองค์ประกอบเพียง 10% แต่มวลของร่างกายที่ไม่ใช่ไขมัน (Fat free mass) จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากถึง 70-80% [29] และสอดคล้องกับการศึกษาของ Eijsvogelsและคณะในปี 2011 [28] พบว่าคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติสมรรถภาพทางกายดีที่ออกกำลังกายเป็นประจำที่ทำการทดสอบออกกำลังกายแบบยาวนานต่อเนื่องอัตราการหลั่งเหงื่อมีความแตกต่างกัน โดยคนอ้วนมีอัตราการหลั่งเหงื่อมากกว่าคนน้ำหนักปกติ (อ้วน 498±169, ปกติ 258±89mL h^{-1} ; P=0.029) [28] จึงยืนยันผลที่แน่ชัดว่าเมื่อคนอ้วนออกกำลังกายที่ระดับความหนักที่เท่ากันกับคนน้ำหนักปกติปริมาณการสูญเสียน้ำจากการหลั่งเหงื่อจะมากกว่า เนื่องจากเมื่อออกกำลังกายในที่อากาศเย็นคนน้ำหนักปกติจะระบายความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นขณะออกกำลังกายสู่อากาศรอบข้างได้โดยการแผ่รังสีความร้อน แต่คนอ้วนมีชั้นไขมันที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อน การระบายความร้อนด้วยวิธีนี้จึงทำได้ยาก ร่างกายของคนอ้วนจึงมีการปรับกลไกการถ่ายเทความร้อนโดยการกระตุ้นต่อมเหงื่อให้ทำงานมากขึ้น แต่การหลั่งเหงื่อที่มากขึ้นนี้ก็จะส่งผลต่อการออกกำลังกายที่ต้องใช้ระยะเวลานานได้เพราะจะทำให้คนอ้วนเกิดภาวะขาดน้ำได้เร็วกว่าคนน้ำหนักปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อัตราการสูญเสียน้ำ

อัตราการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายของคนอ้วนแตกต่างจากคนน้ำหนักปกติทั้งในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน โดยในที่อากาศเย็นคนอ้วนมีอัตราการสูญเสียน้ำมากกว่าคนน้ำหนักปกติ [อ้วน 14.77(3.29mL/min), ปกติ 9.43(3.61mL/min); P=0.001] และในที่ร้อนคนอ้วนมีอัตราการสูญเสียน้ำมากกว่าคนน้ำหนักปกติเช่นกัน [อ้วน 21.08(4.22mL/min), ปกติ 14.60(4.22mL/min); P=0.001] สอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียน้ำในขณะออกกำลังกายทั้งในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนที่พบว่าคนอ้วนมีปริมาณการสูญเสียน้ำมากกว่าคนปกติ เป็นผลจากการทำงานของต่อมเหงื่อที่ขับน้ำออกจากร่างกาย จึงส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกาย ในการศึกษานี้ใช้ระยะเวลา 30 นาที มาคำนวณค่าอัตราการสูญเสียน้ำ โดยที่ไม่นำเวลา warm up และ cool down 10 นาที มาคำนวณร่วมด้วย เนื่องจากการ warm up และ cool down ยังไม่ใช่การทดสอบอย่างแท้จริงและอาสาสมัครแต่ละคนใช้ความหนักในการเดินไม่เท่ากัน

ตอนที่ 2 ผลการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนของคนอ้วน

ปริมาณน้ำในร่างกาย

ปริมาณน้ำในร่างกายของคนอ้วนก่อนทำการทดสอบออกกำลังกายในที่ร้อนของเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิด คือน้ำเย็น 0.5±0.5°C และน้ำอุณหภูมิห้อง 30.5±0.5°C ไม่มีความแตกต่างกัน จากค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะและค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายที่วัดจากเครื่อง BIA แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำในร่างกายของอาสาสมัครไม่แตกต่างกัน การที่ปริมาณน้ำในร่างกายอยู่ในระดับปกติไม่มีการขาดน้ำ สามารถยืนยันถึงความถูกต้องของข้อกำหนดที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้อาสาสมัครดื่มน้ำให้เพียงพอในวันที่จะมาทำการทดสอบออกกำลังกายเพื่อป้องกันภาวะขาดน้ำซึ่งเป็นปัจจัยแทรกแซงของการทดลองและป้องกันอันตรายจากการบาดเจ็บจากความร้อนที่อาจเกิดในขณะออกกำลังกายในที่อากาศร้อนของอาสาสมัคร

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย

อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายในคนอ้วนก่อนการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนนาทีที่ -30 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแกนกลางที่วัดทางทวารหนักก่อนออกกำลังกายไม่มีความแตกต่างกัน [น้ำเย็น 37.55(0.06°C), น้ำอุณหภูมิห้อง 37.51(0.04°C); P=0.296] แต่หลังจากการนั่งพักและดื่มน้ำทั้ง 2 ชนิด อุณหภูมิแกนกลางมีการปรับลดลงไม่ต่างกัน จากนาทีที่ -35 ถึงนาทีที่ 5 เมื่อสิ้นสุดการอบอุ่นร่างกาย น้ำเย็นทำให้อุณหภูมิแกนกลางที่วัดทางทวารหนักลดลง 0.22°C และน้ำอุณหภูมิห้องทำให้ลดลง 0.21°C และเมื่อเริ่มเข้าสู่การทดสอบเดินเร็วอุณหภูมิแกนกลางร่างกายจากการดื่มน้ำ 2 ชนิดมีการปรับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่ต่างกันจนกระทั่งมีการเพิ่มขึ้นสูงสุดในนาทีสุดท้ายของการเดิน Cool down [น้ำเย็น 37.81(0.23°C), น้ำอุณหภูมิห้อง 37.84(0.21°C); P=0.553] จากการศึกษานี้ขัดแย้งกับการศึกษาก่อนหน้าที่ศึกษาการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนของคนน้ำหนักปกติที่เป็นนักกีฬา เช่นการศึกษาของ Lee และคณะในปี 2008 ใช้การดื่มน้ำเย็น 4°C เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุ่น 37°C และมีผลทำให้อุณหภูมิแกนกลางร่างกายจากการดื่มน้ำเย็นลดลงต่ำกว่าการดื่มน้ำอุ่น [43] เช่นเดียวกับ การศึกษาของ Byrne และคณะในปี 2011ใช้การดื่มน้ำเย็น 2°C เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุ่น 37°C โดยที่ไม่ให้ดื่มขณะออกกำลังกายแต่จะให้ทำการดื่มก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน 30 นาทีเท่านั้น พบว่าการดื่มน้ำเย็นสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายได้มากกว่าการดื่มน้ำอุ่น และมีผลทำให้เพิ่มเวลาในการปั่นจักรยานจนถึงความเมื่อยล้าในที่ร้อนได้ [44] แต่ในการศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำเย็น 0.5±0.5°C กับน้ำอุณหภูมิห้อง 30.5±0.5°C ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าน้ำอุณหภูมิห้องในที่นี้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเมื่อนำมาศึกษาเปรียบเทียบกันจึงไม่เห็นผลต่าง แต่ในประเทศเขตร้อน

ที่มีอากาศร้อนการนำน้ำอุ่นอุณหภูมิ 37°C มาดื่มก่อนออกกำลังกายอาจจะไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงที่คนปกติก่อนออกกำลังกายจะดื่มน้ำอุ่น ในประเทศที่มีสภาพอากาศร้อนการดื่มน้ำเย็นหรือน้ำอุณหภูมิห้องมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงมากกว่าเมื่อคนปกติจะทำการออกกำลังกาย แต่อย่างไรก็ตามจากการทบทวนการศึกษาก่อนหน้าเกี่ยวกับการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อน ยิ่งใช้อุณหภูมิต่ำมากยิ่งสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางได้มาก [37,38] เช่น การดื่มน้ำแข็งปั่น แต่ในสถานการณ์จริงนักกีฬาหรือคนออกกำลังกายจะดื่มน้ำแข็งปั่นจะเกิดความยุ่งยากกว่าการดื่มน้ำเย็น การดื่มน้ำเย็นกับน้ำอุณหภูมิห้องเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นปกติ และสามารถทำได้ง่ายในการปฏิบัติ ถ้านำผลการทดลองการออกกำลังกายในที่ร้อนต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของคนอ้วนในตอนที่ 1 นำมาเปรียบเทียบกับการทดลองในตอนที่ 2 ที่ให้คนอ้วนดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแกนกลางจากการทดลองในตอนที่ 2 [CW 37.58(0.07°C), RTW 37.63(0.06°C)] ต่ำกว่าการทดลองในตอนที่ 1 [คนอ้วนในที่ร้อน 37.82(0.07°C)] ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าร่างกายได้รับน้ำอย่างเพียงพอก่อนออกกำลังกาย น้ำที่ดื่มเข้าไปช่วยลดอุณหภูมิแกนกลางก่อนออกกำลังกาย เป็นการเพิ่มความสามารถในการจุความร้อนในขณะออกกำลังกายในที่ร้อน และเป็นการรักษาสมดุลของน้ำภายในร่างกาย การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนกลางจึงช้ากว่าการไม่ได้ดื่มน้ำก่อนออกกำลังกาย

อัตราการเต้นของหัวใจ

อัตราการเต้นของหัวใจจากการดื่มน้ำเย็นต่ำกว่าการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [น้ำเย็น130.8(1.7bpm), น้ำอุณหภูมิห้อง 134.1(1.9bpm); P=0.024] โดยมีความต่างกันตั้งแต่ในนาทีที่ 10 ถึงนาทีที่ 30 หลังจากเริ่มต้นทดสอบออกกำลังกายแสดงให้เห็นว่าการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนสามารถลดการทำงานของหัวใจในขณะออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วนได้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าของ Lee และคณะ ในปี 2008 [43] ที่พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัครขณะทดสอบปั่นจักรยานในที่ร้อนมีความแตกต่างโดยการดื่มน้ำเย็นช่วยลดอัตราการเต้นของหัวใจได้เช่นกัน [43] และถ้านำผลการทดลองในตอนที่ 2 นี้เปรียบเทียบกับการทดลองในตอนที่ 1 [คนอ้วนในที่อากาศร้อน 134.6(2.3bpm)] จะพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายนาน 30 นาที เมื่อดื่มน้ำเย็นก่อนออกกำลังกายต่ำกว่าการไม่ได้ดื่มน้ำ 3.8 bpm (P=0.049) และการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องต่ำกว่าไม่ได้ดื่มน้ำ 0.5 bpm (P=0.778) นอกจากนี้ผลของการให้ความเย็นด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนส่งผลดีต่อคนอ้วนในขณะออกกำลังกายเพราะช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำและยืดระยะเวลาการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่เกี่ยวเนื่องกันกับการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนโลหิต เพราะถ้าร่างกายขาดน้ำในขณะออกกำลังกายในที่ร้อนจะส่งผลให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มขึ้นสูง ปริมาณน้ำในหลอดเลือดลดลง [29] ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น การเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจเป็นการ

รักษาสมดุลของระบบไหลเวียนโลหิต หากร่างกายมีปริมาณน้ำที่เป็นปกติแม้ออกกำลังกายในที่ร้อนจะทำให้ไม่เกิดการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลาง ส่งผลให้การทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและการเต้นของหัวใจเป็นปกติปกติ

ความรู้สึกเหนื่อย

ความรู้สึกเหนื่อยก่อนการออกกำลังกายหลังจากเดินน้ำเย็นเปรียบเทียบกับน้ำอุณหภูมิห้องไม่มีความแตกต่างกัน [น้ำเย็น 8.0(1.0), น้ำอุณหภูมิห้อง 8.0(1.0); P=0.317] หลังจากออกกำลังกายผลของการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนไม่มีความแตกต่างกัน [น้ำเย็น15.0(1.0), น้ำอุณหภูมิห้อง15.0(2.0); P=0.199] สอดคล้องกับการศึกษาของ Byrne และคณะในปี 2011 [44] ในการดื่มเครื่องดื่มเย็น 2°C เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มอุณหภูมิ 37°C ในการปั่นจักรยานของคนน้ำหนักปกติที่เป็นนักกีฬาก็ไม่พบความแตกต่างเช่นกัน [44] แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Lee และคณะ ในปี 2008 [43] ที่พบความแตกต่างของความรู้สึกเหนื่อยขณะทดสอบปั่นจักรยาน โดยพบความแตกต่างตั้งแต่ 5 นาทีแรกของการทดสอบจนถึงในนาทีสุดท้ายของการทดสอบคือในนาทีที่ 45 โดยการดื่มน้ำเย็นลดความรู้สึกเหนื่อยขณะปั่นจักรยานในที่ร้อนได้ แต่ในการศึกษาของ Lee ในขณะออกกำลังกายได้ให้อาสาสมัครดื่มน้ำอุณหภูมิตามที่ได้ดื่มก่อนออกกำลังกาย100 มิลลิลิตร ทุกๆ 10 นาที [43] และเมื่อนำผลการทดลองในตอนที่ 2 นี้มาเปรียบเทียบกับการทดลองในตอนที่ 1 พบว่าความรู้สึกเหนื่อยขณะออกกำลังกายในที่ร้อนในตอนที่ 2 ที่มีการดื่มน้ำก่อนออกกำลังกาย ต่ำกว่าการทดลองในตอนที่ 1 ที่ไม่ได้ให้คนอ้วนดื่มน้ำก่อนออกกำลังกาย โดยที่ในขณะออกกำลังกายในตอนที่ 2 ความรู้สึกเหนื่อยอยู่ที่ 15 ซึ่งแปลว่ารู้สึกเหนื่อย แต่ในตอนที่ 1 ระดับความรู้สึกเหนื่อยอยู่ที่ 16 ซึ่งแปลว่าเกือบจะรู้สึกเหนื่อยมาก ซึ่งความรู้สึกเหนื่อยขณะออกกำลังกายจะมีผลมาจากระดับการทำงานของร่างกาย ซึ่งดูได้จากอัตราการเต้นของหัวใจและเกี่ยวเนื่องกับการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย ถ้าร่างกายทำงานหนักอัตราการเต้นของหัวใจก็จะปรับเพิ่มมากขึ้นเพื่อส่งเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อให้ทำงานได้คงที่ การทำงานของกล้ามเนื้อจะสร้างผลิตภัณฑ์ความร้อนให้แก่ร่างกาย ถ้าร่างกายมีการสะสมความร้อนมากกว่าการสูญเสียจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย เมื่อร่างกายเกิดภาวะเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิมากกว่าปกติ สมองจะทำการปรับลดการส่งออกของกระแสประสาทที่สั่งการกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อเป็นผลให้มีการลดการทำงาน ซึ่งกลไกนี้เป็นการรักษาสมดุลของอุณหภูมิในร่างกายเพื่อไม่ให้ร่างกายได้รับอันตรายที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางในขณะออกกำลังกายในที่ร้อน

ความรู้สึกร้อน

ความรู้สึกร้อนหลังจากการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับน้ำอุณหภูมิห้องก่อนการออกกำลังกายมีความแตกต่างกันโดยการดื่มน้ำเย็นทำให้ความรู้สึกร้อนมีค่าที่ต่ำกว่าการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง [น้ำเย็น 1.0(1.0), น้ำอุณหภูมิห้อง 2.0(1.0); P=0.007] หลังจากออกกำลังกายผลจากการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนไม่มีความแตกต่างกัน [น้ำเย็น 3.0(1.0), น้ำอุณหภูมิห้อง 3.0(0.0); P=0.083] สอดคล้องกับการศึกษาของ Byrne และคณะในปี 2011 ที่พบว่าอัตราการรับรู้อุณหภูมิความร้อนไม่ต่างกันในการดื่มน้ำเย็นและการดื่มน้ำอุ่นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อน [44] ขัดแย้งกับการศึกษาของ Lee และคณะในปี 2008 ที่พบว่าอัตราการรับรู้อุณหภูมิความร้อนในช่วงพักดื่มน้ำและในขณะทดสอบปั่นจักรยานการดื่มน้ำเย็นสามารถลดความรู้สึกร้อนได้เมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุ่น [43] จะเห็นได้ว่าค่าการรับรู้อุณหภูมิความร้อนหรือความรู้สึกร้อนจากการนั่งพักดื่มน้ำเย็นเป็นเวลา 30 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับการนั่งพัก 30 นาทีดื่มน้ำอุณหภูมิห้องแล้ว การดื่มน้ำเย็นทำให้รู้สึกร้อนน้อยกว่า ถึงแม้ว่าในขณะออกกำลังกายค่าความรู้สึกร้อนจะไม่ต่างกัน แสดงว่าเมื่อร่างกายได้รับความเย็นก่อนออกกำลังกาย ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการจุความร้อนของร่างกายเมื่อคนอ้วนออกกำลังกายในที่ร้อนผลจากการให้ความเย็นนี้ จึงส่งผลดีในการช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำและอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายในที่ร้อนได้ และเมื่อนำผลของการทดลองในตอนที่ 2 เปรียบเทียบกับการทดลองตอนที่ 1 จะพบว่า การที่คนอ้วนไม่ได้ทำการดื่มน้ำก่อนออกกำลังกาย เมื่อออกกำลังกายค่าความรู้สึกร้อนอยู่ที่ระดับ 4 คือ รู้สึกร้อนมาก แต่ในการทดลองที่ 2 ที่มีการดื่มน้ำก่อนออกกำลังกายค่าความรู้สึกร้อนขณะออกกำลังกายอยู่ที่ระดับ 3 คือ รู้สึกร้อน ดังนั้นความสำคัญของการให้ดื่มน้ำก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วนนอกจากสามารถลดอุณหภูมิแกนกลาง ลดอัตราการเต้นของหัวใจ ลดความรู้สึกเหนื่อยขณะออกกำลังกายแล้วยังส่งผลดีต่อร่างกายในด้านการลดความรู้สึกร้อนในขณะออกกำลังกายในที่ร้อนได้

ปริมาณการสูญเสียน้ำ

การสูญเสียน้ำในขณะออกกำลังกายจากการดื่มน้ำเย็นเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนมีความแตกต่างกัน โดยที่การดื่มน้ำเย็นสามารถลดปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายได้มากกว่า [น้ำเย็น 646.67(139.82mL), น้ำอุณหภูมิห้อง 735.00(126.95mL); P=0.006] และเมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำต่อน้ำหนักตัว การดื่มน้ำเย็นสามารถลดการสูญเสียน้ำได้มากกว่าการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง [น้ำเย็น 0.66(0.12%), น้ำอุณหภูมิห้อง 0.75(0.10%); P=0.006] และเมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำต่อมวลกล้ามเนื้อการดื่มน้ำเย็นก็ยังคงลดการสูญเสียน้ำได้มากกว่า [น้ำเย็น 1.77(0.33%), น้ำอุณหภูมิห้อง 2.01(0.29%); P=0.006] จึงยืนยันได้ว่าผลจากการดื่มน้ำเย็นทำให้สามารถลดปริมาณการสูญเสียน้ำในขณะออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วนได้ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่ทำการศึกษาในคนน้ำหนักปกติ เช่น การศึกษาของ Lee

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

และคณะในปี 2008 พบว่า อัตราการหลั่งเหงื่อโดยประมาณ จากการดื่มน้ำเย็น 4°C น้อยกว่า การดื่มน้ำอุ่น 37°C [43] ผลจากการให้ความเย็นด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนนี้ไม่ส่งผลเสียต่อระบบกล้ามเนื้อเหมือนกับวิธีการแช่น้ำเย็นก่อนออกกำลังกาย ที่ทำให้อุณหภูมิของผิวหนังและกล้ามเนื้อลดลง ทำให้ตัวเปียก ซึ่งหลังจากการแช่น้ำเย็นแล้วจะต้องอบอุ่นร่างกายก่อนจึงจะสามารถเริ่มต้นออกกำลังกายหรือแข่งขันกีฬาได้และการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายด้วยการแช่น้ำเย็นนี้ต้องเตรียมอุปกรณ์ค่อนข้างยุ่งยากต่างจากการดื่มน้ำเย็นที่สะดวกในการปฏิบัติ และสามารถป้องกันภาวะขาดน้ำขณะออกกำลังกายได้ และเมื่อนำผลการทดลองในตอนที่ 2 เปรียบเทียบกับการทดลองตอนที่ 1 จะพบว่าปริมาณการสูญเสียน้ำในตอนที่ 2 มากกว่าเล็กน้อย (CW มากกว่าไม่ดื่มน้ำ 14.2 mL, RTW มากกว่าไม่ดื่มน้ำ 102.5 mL) ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองตอนที่ 2 มีการนั่งพักและดื่มน้ำในที่ร้อนเป็นเวลา 30 นาที ในการนั่งพักในที่ร้อนถึงแม้ว่าจะยังไม่ได้ทำการออกกำลังกาย แต่ร่างกายก็มีการระบายความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อที่มองไม่เห็นและการระเหยของน้ำทางการหายใจอยู่ตลอดเวลา ผลจากการอยู่ในที่ร้อนนานกว่าจึงทำให้ปริมาณการสูญเสียน้ำมากกว่า

อัตราการสูญเสียน้ำ

อัตราการสูญเสียน้ำของคนอ้วนจากการดื่มน้ำเย็นและดื่มน้ำอุณหภูมิห้องก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนมีความแตกต่างกัน โดยที่การดื่มน้ำเย็นทำให้อัตราการสูญเสียน้ำต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง (น้ำเย็น 21.54±4.66mL/min, น้ำอุณหภูมิห้อง 24.50±4.23mL/min; P=0.010) การศึกษานี้ใช้ระยะเวลาที่นำมาคำนวณค่าอัตราการสูญเสียน้ำ 30 นาที ไม่รวมระยะเวลาในการ Warm up และ cool down เข้ามาร่วมด้วย ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับปริมาณการสูญเสียน้ำในขณะออกกำลังกาย จากการศึกษานี้สามารถยืนยันผลดีของการทำ Pre-cooling ในคนอ้วนก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนว่าสามารถลดปริมาณการสูญเสียน้ำจากการลดอัตราการสูญเสียน้ำได้ สาเหตุที่ทำให้อัตราการสูญเสียน้ำต่ำกว่าในการดื่มน้ำเย็นนั้นเป็นเพราะผลของความเย็นหรือความสามารถในการดูดซับความร้อนของน้ำเย็นที่ดื่มเข้าไปก่อนการออกกำลังกาย ทำให้ร่างกายมีความสามารถในการจุความร้อนได้มากขึ้น เมื่อออกกำลังกายจึงทำให้ร่างกายสามารถจุความร้อนได้มากกว่าปกติ เป็นการยืดระยะเวลาการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลาง ใช้เวลานานกว่าที่ร่างกายจะต้องระบายความร้อนด้วยการหลั่งเหงื่อ โดยการกระตุ้นต่อมเหงื่อของระบบประสาทซิมพาเทติก [37,38,39]

ในข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดการหยุดทดสอบไว้หลายข้อได้แก่ 1. อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของอาสาสมัครเพิ่มสูงจนถึง 39 °C ซึ่งนั้นหมายถึงว่าอาสาสมัครจะมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากความร้อนในขณะออกกำลังกายได้ เพราะอาสาสมัครในงานวิจัยนี้คือกลุ่มคนที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายเป็นประจำ ความทนทานและการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางจึงไม่เหมือนกับคนที่ออกกำลังกายเป็นประจำหรือนักกีฬาที่มีสมรรถภาพทางกายสูง ซึ่งมี

รายงานว่านักกีฬาชั้นยอด เช่น นักวิ่งมาราธอน นักฟุตบอล นักอเมริกันฟุตบอลในขณะทำการแข่งขันสามารถทนต่อการเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายโดยที่ไม่เกิดการบาดเจ็บจากความร้อน ถึงแม้ว่าอุณหภูมิแกนกลางจะเพิ่มขึ้นถึง 41.9°C [22] แต่ในคนปกติถ้าอุณหภูมิแกนกลางเพิ่มสูงเกินกว่า 39°C อาจเกิดการบาดเจ็บจากความร้อน เช่น เป็นตะคริว อ่อนเพลีย หรือเป็นลมหมดสติจากความร้อนได้ [22,30] 2. อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นจนถึง 75% การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายจนถึง 75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสำรอง เป็นข้อบ่งชี้ว่าการออกกำลังกายค่อนข้างหนัก ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดระดับความหนักให้อยู่ที่ ระดับปานกลาง แต่จะเห็นได้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นสูงของอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะออกกำลังกายโดยเฉพาะในนาทีสุดท้ายของการออกกำลังกายทั้งในที่เย็นและที่ร้อน เพิ่มขึ้นจนถึง 63-64% และ 73-74% อาสาสมัครทั้งคนอ้วนและคนปกติไม่มีการบาดเจ็บจากความร้อนและสามารถทำการทดสอบออกกำลังกายจนครบตามที่กำหนด 3. ค่าความรู้สึกเหนื่อยเพิ่มขึ้นถึงระดับ 17 นั้นหมายความว่าอาสาสมัครมีความรู้สึกเหนื่อยมาก ในการทดสอบมีอาสาสมัครบางคนที่มีค่าความรู้สึกเหนื่อยถึง 17 ในนาทีสุดท้าย แต่การทดสอบก็ถือว่าสำเร็จเพราะสิ้นสุดตามระยะเวลาที่กำหนดดังนั้นข้อมูลของอาสาสมัครคนนั้นจึงนำเข้ามาคำนวณได้ 4. ค่าความรู้สึกร้อนถึงระดับ 4 คือมีความรู้สึกร้อนมาก ในขณะการทดสอบออกกำลังกายจะมีอาสาสมัครบางคนที่มีค่าความรู้สึกร้อนถึงระดับ 4 ในนาทีสุดท้ายเช่นเดียวกัน แต่ไม่มีอาสาสมัครคนใดที่มีค่าความรู้สึกร้อนถึงระดับ 4 ในขณะทดสอบในช่วงเวลาอื่นๆ และ 5. อาสาสมัครขอหยุดทดสอบไม่ว่าจะด้วยเหตุผลใดๆก็ตาม แต่ในการศึกษานี้ไม่มีอาสาสมัครคนใดที่ขอหยุดขณะทดสอบ การที่ผู้วิจัยได้แบ่งการดื่มน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็นอุณหภูมิ 0-1°C ออกเป็น 4 ครั้ง ปริมาณเท่าๆกันในการดื่มแต่ละครั้ง เพราะว่าการดื่มน้ำเย็นจัดปริมาณมากๆในครั้งเดียวอาจจะทำให้เกิดภาวะ Brain freeze หรือการปวดที่บริเวณโพรงจมูกขึ้นไปที่สมองได้ และการแบ่งการดื่มหลายๆครั้งยังส่งผลดีต่อการทำงานของไตและไม่ทำให้เกิดอาการจุกเสียดหรือปวดปัสสาวะในขณะออกกำลังกาย

สรุปผล

จากผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิแกนกลางร่างกายของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนปกติ ไม่มีความแตกต่างกันในขณะออกกำลังกายทั้งในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อนซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hoffman และคณะในปี 2012 [33] แต่คนอ้วนมีการสูญเสียน้ำโดยการหลั่งเหงื่อในขณะออกกำลังกายมากกว่าคนปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Eijsvogels และคณะในปี 2011 [28] และผลการศึกษาการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนโดยการดื่มน้ำเย็น 0-1°C ของคนอ้วนเป็นความรู้ใหม่ที่พบว่าสามารถลดปริมาณการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายโดยที่ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิแกนกลางร่างกายของคนอ้วน แต่ก็ได้มีการศึกษาก่อนหน้าคือการศึกษาของ Lee และคณะในปี 2008 [43] ได้ศึกษาผลของการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนในคนปกติที่เป็นนักกีฬาพบว่าการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนมีผลลดอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหลั่งเหงื่อ

ความรู้สึกร้อนและความรู้สึกเหนื่อยขณะออกกำลังกายและช่วยให้สมรรถภาพด้านความทนทานเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Siegel และคณะในปี 2010 [45] ที่พบว่าการดื่มน้ำแข็งปั่นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนสามารถลดความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อน และเพิ่มสมรรถภาพด้านความทนทานในการวิ่งออกกำลังกายในที่ร้อนได้ ซึ่งการออกกำลังกายในคนอ้วนไม่ได้ต้องการเพิ่มสมรรถภาพเพื่อการแข่งขัน แต่หากประสิทธิภาพของการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นสามารถลดความรู้สึกเหนื่อย ลดความรู้สึกร้อน และลดปริมาณการสูญเสียน้ำจากการหลั่งเหงื่อได้ จะทำให้ยืดระยะเวลาในการเกิดภาวะขาดน้ำ และทำให้คนอ้วนสามารถออกกำลังกายได้นานขึ้น เพื่อการลดน้ำหนักและควบคุมน้ำหนักอย่างมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายจากความร้อน

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ทำการวัดดัชนีความร้อน Wet bulb globe temperature (WBGT) และวัดความเร็วลมในขณะทำการทดลอง เพราะห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นห้องควบคุมสภาพอากาศ มีการใช้เครื่องปรับอากาศในขณะทำให้อากาศเย็นและใช้เครื่องทำความร้อนแบบแท่งอินฟาเรทในการสร้างความร้อนในขณะทำให้อากาศร้อน และทำการเปิดพัดลมดูดอากาศที่เพดาน การเคลื่อนที่ของอากาศไหลผ่านจากช่องว่างเล็กๆที่เป็นรอยต่อของประตูเข้าสู่ห้องและถูกดูดออกทางพัดลมเพดาน อาสาสมัครจะไม่รับรู้ว่ามีลมผ่านเพราะมีการเคลื่อนที่ของอากาศแบบเบาๆ แต่อย่างไรก็ตามการวัดค่าดัชนีความร้อนและการวัดแรงลมภายในห้องจะทำให้ได้ข้อมูลมารายงานผลเพิ่มมากขึ้น และในการศึกษาต่อยอดจากการศึกษาการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนชื้นนี้ ควรจะทดลองเปรียบเทียบการดื่มน้ำแข็งปั่นกับน้ำอุ่นอุณหภูมิ 37°C เพราะน้ำดื่มอุณหภูมิ 37°C จะไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และน้ำแข็งปั่นสามารถลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายได้มากกว่าการดื่มน้ำเย็น แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิและความชื้นที่ผู้วิจัยเลือกใช้นั้นเป็นไปตามจุดประสงค์ของงานวิจัยที่จำลองสภาพอากาศในประเทศเขตร้อนชื้นเช่นประเทศไทยโดยใช้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศในสวนสาธารณะมาเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายในศูนย์ออกกำลังกายทั่วไป สำหรับงานวิจัยในอนาคตการเลือกใช้อุณหภูมิของอากาศควรระมัดระวังทางด้านความปลอดภัย อาจเพิ่มมาตรการโดยการใช้เครื่องวัดดัชนีความร้อน หรือนำอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการศึกษามาเปรียบเทียบกับ Heat illness risk assessment chart [30] เพื่อทราบถึงระดับความอันตรายและความเสี่ยงที่อาจเกิดการบาดเจ็บจากความร้อนได้

รายการอ้างอิง

1. Caballero B. The global epidemic of obesity: an overview. Epidemiologic reviews. 2007;29:1-5.
2. Report of a WHO consultation.Obesity: preventing and managing the global epidemic. World Health Organization technical report series. 2000;894:i-xii, 1-253.
3. WHO. Obesity and overweight. Media centre [Internet]. 2013 [cited 2013 August 18]:[4 p.]. Available from: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en.
4. Morabia A, Abel T. The WHO report "Preventing chronic diseases: a vital investment" and us. Sozial- und Praventivmedizin. 2006;51(2):74.
5. Thompson D, Wolf AM. The medical-care cost burden of obesity. Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity. 2001;2(3):189-97.
6. ไพบูลย์ พิทยาเธียรอนันต์. ผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพจากภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วนในประเทศไทย. วารสารวิจัยระบบสาธารสุข. 2554;3(2554):287-98.
7. วิชัย เอกพลากร. การตรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2. นนทบุรี 2552.
8. Seidell JC, Flegal KM. Assessing obesity: classification and epidemiology. British medical bulletin. 1997;53(2):238-52.
9. WHO expert consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. Lancet. 2004;363(9403):157-63.
10. Jakicic JM, Otto AD. Treatment and prevention of obesity: what is the role of exercise? Nutrition reviews. 2006;64(2 Pt 2):S57-61.
11. Pender JR, Pories WJ. Epidemiology of obesity in the United States. Gastroenterology clinics of North America. 2005;34(1):1-7.
12. Kopelman PG. Obesity as a medical problem. Nature. 2000;404(6778):635-43.
13. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. Medicine and science in sports and exercise. 2009;41(2):459-71.
14. Curioni CC, Lourenco PM. Long-term weight loss after diet and exercise: a systematic review. Int J Obes (Lond). 2005;29(10):1168-74.
15. Hagan RD, Upton SJ, Wong L, Whittam J. The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. Medicine and science in sports and exercise. 1986;18(1):87-94.

16. McInnis KJ. Exercise and obesity. Coronary artery disease. 2000;11(2):111-6.
17. Bouchard C, Depres JP, Tremblay A. Exercise and obesity. Obesity research. 1993;1(2):133-47.
18. Jakicic JM, Otto AD. Physical activity considerations for the treatment and prevention of obesity. The American journal of clinical nutrition. 2005;82(1 Suppl):226S-9S.
19. Tudor-Locke C, Bassett DR, Jr. How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. Sports Med. 2004;34(1):1-8.
20. Hills AP, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR. The biomechanics of adiposity--structural and functional limitations of obesity and implications for movement. Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity. 2002;3(1):35-43.
21. Behnke AR, Jr., Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men. Body weight divided by volume as an index of obesity. 1942. Obesity research. 1995;3(3):295-300.
22. Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, Roberts WO. American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. Medicine and science in sports and exercise. 2007;39(3):556-72.
23. Day MW. Keeping your cool when heatstroke strikes. Nursing. 2010;40 Ed Insider:9-11.
24. Campbell I. Body temperature and its reulation. Anesthesia and intensive care medicine. 2011(2011):240-4.
25. Savastano DM, Gorbach AM, Eden HS, Brady SM, Reynolds JC, Yanovski JA. Adiposity and human regional body temperature. The American journal of clinical nutrition. 2009;90(5):1124-31.
26. Brundin T, Thorne A, Wahren J. Heat leakage across the abdominal wall and meal-induced thermogenesis in normal-weight and obese subjects. Metabolism: clinical and experimental. 1992;41(1):49-55.
27. Havenith G, van Middendorp H. The relative influence of physical fitness, acclimatization state, anthropometric measures and gender on individual reactions to heat stress. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1990;61(5-6):419-27.
28. Eijsvogels TM, Veltmeijer MT, Schreuder TH, Poelkens F, Thijssen DH, Hopman MT. The impact of obesity on physiological responses during prolonged exercise. Int J Obes (Lond). 2011;35(11):1404-12.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

29. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. Medicine and science in sports and exercise. 2007;39(2):377-90.
30. Coris EE, Ramirez AM, Van Durme DJ. Heat illness in athletes: the dangerous combination of heat, humidity and exercise. Sports medicine. 2004;34(1):9-16.
31. Report of the task group on reference man. Annals of the ICRP. 1979;3(1-4):iii.
32. Heikens MJ, Gorbach AM, Eden HS, Savastano DM, Chen KY, Skarulis MC, et al. Core body temperature in obesity. The American journal of clinical nutrition. 2011;93(5):963-7.
33. Hoffmann ME, Rodriguez SM, Zeiss DM, Wachsberg KN, Kushner RF, Landsberg L, et al. 24-h core temperature in obese and lean men and women. Obesity (Silver Spring). 2012;20(8):1585-90.
34. Chapon PA. Core temperature response to cycling exercise: Effect of time of day and measurement site. Journal of thermal biology. 2012;37(2012):355-60.
35. Landsberg L. Core temperature: a forgotten variable in energy expenditure and obesity? Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity. 2012;13 Suppl 2:97-104.
36. Landsberg L, Young JB, Leonard WR, Linsenmeier RA, Turek FW. Is obesity associated with lower body temperatures? Core temperature: a forgotten variable in energy balance. Metabolism: clinical and experimental. 2009;58(6):871-6.
37. Ross M, Abbiss C, Laursen P, Martin D, Burke L. Precooling methods and their effects on athletic performance : a systematic review and practical applications. Sports Med. 2013;43(3):207-25.
38. Siegel R, Laursen PB. Keeping your cool: possible mechanisms for enhanced exercise performance in the heat with internal cooling methods. Sports Med. 2012;42(2):89-98.
39. Wegmann M, Faude O, Poppendieck W, Hecksteden A, Frohlich M, Meyer T. Pre-cooling and sports performance: a meta-analytical review. Sports Med. 2012;42(7):545-64.
40. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology : Nutrition & Human Performance. Baltimore:Lippincoot Williams & Wilkins.2007;(6).
41. Wimor JH, and Costill DL. Physiology of sport and exercise. (2) Champaign: Human Kinetics,1999.
42. Siegel R, Mate J, Watson G, Nosaka K, Laursen PB. Pre-cooling with ice slurry ingestion leads to similar run times to exhaustion in the heat as cold water immersion. Journal of sports sciences. 2012;30(2):155-65.ed2007. 1068 p.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

43. Lee JK, Shirreffs SM, Maughan RJ. Cold drink ingestion improves exercise endurance capacity in the heat. Medicine and science in sports and exercise. 2008;40(9):1637-44.

44. Byrne C, Owen C, Cosnefroy A, Lee JK. Self-paced exercise performance in the heat after pre-exercise cold-fluid ingestion. Journal of athletic training. 2011;46(6) :592-9.

45. Siegel R, Mate J, Brearley MB, Watson G, Nosaka K, Laursen PB. Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. Medicine and science in sports and exercise. 2010;42(4):717-25.

46. Ihsan M, Landers G, Brearley M, Peeling P. Beneficial effects of ice ingestion as a precooling strategy on 40-km cycling time-trial performance. International journal of sports physiology and performance. 2010;5(2):140-51.

47. Stanley J, Leveritt M, Peake JM. Thermoregulatory responses to ice-slush beverage ingestion and exercise in the heat. European journal of applied physiology. 2010;110(6):1163-73.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Screening Questionnaire

(แบบสอบถามเพื่อการคัดกรอง)

ลำดับที่ .....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. อายุ.....ปี อาชีพ.....

2. น้ำหนัก..... กิโลกรัม ส่วนสูง.....เมตร BMI..... kg/m^2

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ

โปรดตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริงโดยทำเครื่องหมาย✓ลงใน ❒ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้

1) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่
   ❒ ไม่มี ❒ มี โปรดระบุ.....
2) ท่านมีประวัติเจ็บป่วยจากความร้อนหรือไม่
   ❒ ไม่มี ❒ มี โปรดระบุ.....
3) ท่านมีประวัติการบาดเจ็บที่ข้อต่อและกล้ามเนื้อที่เป็นอุปสรรคต่อการเดินหรือไม่
   ❒ ไม่มี ❒ มี โปรดระบุ.....
4) ท่านเคยเดินบนลู่วิ่งสายพานหรือไม่
   ❒ ไม่เคย ❒ เคย
5) ท่านสามารถดื่มน้ำเย็นจัดได้หรือไม่
   ❒ ไม่ได้ ❒ ได้
6) ท่านออกกำลังกายชนิดใด
   ❒ เดิน ❒ วิ่ง ❒ว่ายน้ำ ❒ ปั่นจักรยาน
   ❒ อื่นๆ.....
7) ท่านออกกำลังกายกี่ครั้งต่อสัปดาห์
   ❒ ≤ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ❒ ≥ 2 ครั้งต่อสัปดาห์
8) ท่านออกกำลังกายเป็นระยะเวลาเท่าไรต่อครั้ง
   ❒ <20 นาที ❒ ≥ 20 นาที
9) ท่านทำงานหรืออาศัยอยู่ในที่ร้อนเป็นประจำหรือไม่
   ❒ ไม่ใช่ ❒ ใช่
10) ปัจจุบันท่านเป็นโรคต่อมไทรอยด์หรือไม่
   ❒ ไม่เป็น ❒ ไม่ทราบ ❒ เป็น → นาน.....ปี → ❒ รักษา
   เพราะ..... ❒ ไม่รักษา

11) ปัจจุบันท่านเป็นโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดหรือไม่

❒ ไม่เป็น ❒ ไม่ทราบ❒ เป็น → นาน.....ปี → ❒ รักษา
เพราะ..... ❒ ไม่รักษา

12) ปัจจุบันท่านเป็นโรคความดันโลหิตสูงหรือไม่

❒ ไม่เป็น ❒ ไม่ทราบ ❒ เป็น → นาน.....ปี → ❒ รักษา
เพราะ..... ❒ ไม่รักษา

13) ปัจจุบันท่านเป็นโรคเบาหวานหรือไม่

❒ ไม่เป็น ❒ ไม่ทราบ ❒ เป็น → นาน.....ปี → ❒ รักษา
เพราะ..... ❒ ไม่รักษา

14) ปัจจุบันท่านรับประทานยาหรือไม่

❒ ไม่ใช่ ❒ ใช่ โปรดระบุ (ชื่อยา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกค่าพื้นฐาน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. รหัสอาสาสมัคร❒N ,❒O ..... ทดสอบครั้งที่ 1 เวลา.....น.
2. น้ำหนัก.....kg. ส่วนสูง.....cm BMI..... kg/m^2
3. HR ต่ำสุดขณะพัก..... bpm. Age predicted HR max ..... bpm.
4. ความดันโลหิตเมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ..... mmHg. Ts : ..... ℃
5. น้ำตาลในเลือดที่ตรวจครั้งล่าสุด =..... mg% ตรวจเมื่อ.....
6. ระดับไขมัน LDL-C ที่ตรวจครั้งล่าสุด = ... mg% ตรวจเมื่อ.....
7. ความดันโลหิตก่อนทดสอบออกกำลังกาย.....mmHg.
8. ความดันโลหิตหลังทดสอบออกกำลังกาย.....mmHg.
9. HR ถึง 45% ในนาทีที่.....หรือ.....หลังจาก warm up ระยะทางรวม.....km.
10. อัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายตามสูตร Karvonen =[(HRmax – HRmin)x % intensity] + HRmin

45%.....bpm. 50%.....bpm.75%.....bpm

11. ความเร็วที่เหมาะสม.....km/hr ความชันที่เหมาะสม.....%

Time / min	Speed / km/hr	Grade / %	HR / bpm	RPE	Thermal sensation	อุณหภูมิห้อง ℃	ความชื้น %
Stand	0	0					
Warm up 5		0					
Trial 5		2					
Trial 10		_					
Trial 15		_					
Trial 20		_					
Trial 25		_					
Trial 30		_					
Cool down 5		0					

❒ ออกกำลังกายได้ครบตามเวลาโดยไม่มีความผิดปกติทางด้านร่างกายใดๆ

❒ ออกกำลังกายได้ไม่ครบตามเวลาที่กำหนดเพราะ

◯ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยขอหยุดด้วยตนเองเพราะ.....

◯ ผู้วิจัยพิจารณาให้หยุดเพราะ.....

แบบบันทึกผลการทดสอบออกกำลังกายในที่ร้อนและที่เย็น

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. รหัสอาสาสมัคร ❒N , ❒O ..... ทดสอบครั้งที่ ..... เวลา.....น.
2. ทดสอบออกกำลังกายในที่อากาศ ❒ร้อน 30-31℃ ❒เย็น 23-24℃
3. น้ำหนักก่อนออกกำลังกาย.....kg. น้ำหนักหลังออกกำลังกาย..... kg.
4. ปริมาณน้ำในร่างกาย (TBW).....kg.
5. มวลกล้ามเนื้อ.....kg Ts : ..... ℃
6. ความดันโลหิตเมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ..... mmHg.
7. ความดันโลหิตก่อนทดสอบออกกำลังกาย.....mmHg.
8. ความดันโลหิตหลังทดสอบออกกำลังกาย.....mmHg.
9. ระยะทางรวม.....km. HR ถึง 45% ในนาทีที่.....หรือ.....หลังจาก warm up
10. อัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายตามสูตร Karvonen = [(HRmax – HRmin)x % intensity] + HRmin

45%.....bpm. 50%.....bpm. 75%.....bpm

Time / min	Speed / km/hr	Grade / %	HR / bpm	RPE	Thermal sensation	Tre / ℃	อุณหภูมิห้อง ℃	ความชื้น %
Stand	0	0						
Warm up 5		0						
Trial 5								
Trial 10								
Trial 15								
Trial 20								
Trial 25								
Trial 30								
Cool down 5		0						

❒ ออกกำลังกายได้ครบตามเวลาโดยไม่มีความผิดปกติทางด้านร่างกายใดๆ

❒ ออกกำลังกายได้ไม่ครบตามเวลาที่กำหนดเพราะ

◯ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยขอหยุดด้วยตนเองเพราะ.....

◯ ผู้วิจัยพิจารณาให้หยุดเพราะ.....

แบบบันทึกผลการทดสอบการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. รหัสอาสาสมัคร O..... ทดสอบครั้งที่ ..... เวลา.....น.
2. ทดลองผลของการดื่มน้ำ ❒เย็น 0.5±0.5°C ❒อุ่น 30.5±0.5°C ปริมาณในการดื่ม.....g.
3. น้ำหนักก่อนออกกำลังกาย.....kg. น้ำหนักหลังออกกำลังกาย..... kg.
4. ปริมาณน้ำในร่างกาย (TBW).....kg. 5. มวลกล้ามเนื้อ.....kg
6. ความดันโลหิต..... , ... , ... mmHg.
7. ระยะทางรวม.....km. Ts:..... HR ถึง45%.....หรือ.....หลัง warm up
8. HR เป้าหมาย45%.....bpm. 50%.....bpm.75%.....bpm

Time / min	Speed / km/hr	Grade / %	HR / bpm	RPE	Thermal sensation	Tre / °C	อุณหภูมิห้อง °C	ความชื้น %
- 30	0	0						
- 25	0	0						
- 20	0	0						
- 15	0	0						
- 10	0	0						
- 5	0	0						
Stand 0	0	0						
Warm up 5		0						
Trial 5								
Trial 10								
Trial 15								
Trial 20								
Trial 25								
Trial 30								
Cool down 5		0						

❒ ออกกำลังกายได้ครบตามเวลาโดยไม่มีความผิดปกติทางด้านร่างกายใดๆ ❒ ไม่ครบเพราะ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	AF 10-04/4.0 **เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย** **(Information sheet for research participant)** **สำหรับอาสาสมัครที่มีน้ำหนักปกติ**

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการดื่มน้ำเย็นต่อการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายระดับปานกลางในที่ร้อนของคนอ้วน

ผู้สนับสนุนการวิจัย ทุนรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>นิสิตผู้ทำวิจัย</u>

1. ชื่อ นาย ปิยเชษฐ์ ตะสิงห์

ที่อยู่ หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ 082-8514551

<u>แพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัย</u>

1. ชื่อ รศ.ดร.พญ. อรอนงค์ กุละพัฒน์

ที่อยู่ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ 089-6410331

2. ชื่อ รศ. นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล

ที่อยู่ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ 081-4923552

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นเพศชายอายุระหว่าง 18-45 ปี ผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำและเป็นผู้ที่มีน้ำหนักตัวตามเกณฑ์ปกติ ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากทีมงานของผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้ ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

เหตุผลความเป็นมา

โรคอ้วนเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญในหลายๆประเทศ รวมถึงประเทศไทยซึ่งทำให้สูญเสียงบประมาณในการดูแลรักษาเป็นจำนวนมาก จำนวนของประชากรผู้ที่เป็นโรคอ้วนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าจะมีการรณรงค์และส่งเสริมการใช้มาตรการต่างๆเพื่อป้องกันและควบคุมการเกิดโรคอ้วนก็ตาม โรคอ้วนมีสาเหตุจากความไม่สมดุลของพลังงานที่นำเข้าสู่ร่างกายกับการใช้พลังงานในชีวิตประจำวัน ผู้ที่เป็นโรคอ้วนจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่างๆตามมา เช่น โรคเบาหวาน โรคข้อเสื่อม โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งและอื่นๆ ทำให้คุณภาพชีวิตแย่ลง

วิธีการป้องกันการเกิดโรคอ้วน ป้องกันการกลับมาอ้วนซ้ำและรักษาโรคอ้วนในระยะยาวที่ได้ผลดีที่สุดคือการควบคุมอาหารร่วมกับการออกกำลังกาย แต่ความจริงแล้วการออกกำลังกายของคนอ้วนกลับทำได้ไม่ง่ายนัก เพราะมีอุปสรรคจากรูปร่างองค์ประกอบของร่างกายที่ไม่สมดุลและน้ำหนักตัวที่มากกว่าคนปกติ เมื่อกล้ามเนื้อทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนสะสมอยู่ภายในร่างกายส่งผลให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มสูงขึ้น คนอ้วนมีการสะสมไขมันใต้ผิวหนังที่หนาและมากกว่าคนปกติ ซึ่งไขมันที่สะสมใต้ผิวหนังนี้จะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการระบายความร้อนทางการแผ่รังสีออกจากร่างกาย คนอ้วนจะใช้การระบายความร้อนได้โดยอาศัย การระเหยของเหงื่อ จึงทำให้น้ำในร่างกายของคนอ้วนลดลงเร็วกว่าคนปกติ ซึ่งถ้าร่างกายมีการสูญเสียน้ำเกิน 2% ของน้ำหนักตัวก็จะทำให้เกิดภาวะขาดน้ำและปริมาตรน้ำในหลอดเลือดลดลงซึ่งอาจเป็นอันตรายทำให้เสียชีวิตได้ ตามคำแนะนำของสมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งอเมริกา (ACSM) และจากการศึกษาวิจัยอื่นๆ คนอ้วนควรออกกำลังกายแบบต่อเนื่องด้วยความหนักระดับปานกลาง ที่ใช้เวลา 30 นาทีขึ้นไป แต่ในปัจจุบันยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายคนอ้วนซึ่งมักจะเป็นคนไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำจะตอบสนองอย่างไรกับการออกกำลังกายในสภาพอากาศต่างๆ ทั้งในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน

ดังนั้นเมื่อคนอ้วนออกกำลังกายในที่ร้อนซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้บ่อยในประเทศในเขตร้อน การเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจึงอาจเกิดขึ้นได้มากกว่าในที่เย็น มีรายงานว่าการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน สามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความทนทาน ลดอุณหภูมิในร่างกาย ลดความเหนื่อยขณะออกกำลังกายได้ ซึ่งยืนยันผลดีแล้วในคนน้ำหนักปกติที่เป็นนักกีฬา อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลว่าการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายจะมีผลดีต่อ การออกกำลังกายในคนอ้วนหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์หลักจากการศึกษาในครั้งนี้คือ

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำระหว่างผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่เป็นคนอ้วน 12 คนกับคนน้ำหนักปกติ 12 คนในการเดินออกกำลังกายระดับความหนักปานกลางระยะเวลา 30 นาที ในที่อากาศร้อนและที่อากาศเย็น

2. เพื่อศึกษาผลของการให้ความเย็นด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนว่าส่งผลต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และการสูญเสียน้ำ ในคนอ้วนอย่างไร

<u>วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย</u>

หากท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านจะได้รับเชิญให้มาพบผู้ทำวิจัยตามวันเวลาที่นัดหมาย โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย คือ ประมาณ 3 สัปดาห์ และมาพบผู้วิจัยทั้งสิ้น 3 ครั้ง ผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่น้ำหนักปกติ 12 คน

<u>ครั้งที่ 1</u> ท่านมาเพื่อให้ข้อมูลส่วนบุคคล โดยผู้วิจัยสอบถามข้อมูลทั่วไป และประวัติสุขภาพทั้งอดีต และปัจจุบัน และผู้วิจัยจะขอตรวจ น้ำหนัก ส่วนสูง องค์ประกอบของร่างกาย ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก หากท่านไม่มีการตรวจระดับน้ำตาลและระดับไขมันในเลือดในระยะเวลา 1 ปี ผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณ 7 มิลลิลิตร (ประมาณ 1.5 ช้อนชา) เพื่อที่จะนำไปตรวจหาระดับน้ำตาลและระดับไขมันในเลือดให้แก่ท่านเพื่อยืนยันคุณสมบัติที่เหมาะสมในการเข้าร่วมงานวิจัย รวมถึงการทดสอบหาความเร็วและความชันที่เหมาะสมสำหรับโปรแกรมการเดินออกกำลังกายบนลู่วิ่งกล และอธิบายการเตรียมตัวของผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยท่านจะได้รับการขอร้องให้เตรียมตัวตามขั้นตอนที่แนะนำก่อนที่จะมาพบครั้งต่อไป ซึ่งในครั้งที่ 1 นี้จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

<u>ครั้งที่ 2 และ 3 ทดสอบออกกำลังกายในที่อากาศร้อนและที่อากาศเย็นของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ</u>

หลังจากที่ท่านมาพบผู้วิจัยครั้งที่แล้ว 3-7 วัน ท่านจะได้รับการขอให้มาทำการทดสอบออกกำลังกายความหนักปานกลางด้วยการเดินเร็วบนลู่วิ่งกล ซึ่งผู้วิจัยจะจับฉลากสุ่มเลือกให้ท่านออกกำลังกายในที่อากาศร้อน 30-31 องศาเซลเซียส (คล้ายอุณหภูมิกลางแจ้งในสวนสาธารณะ เวลาประมาณ 16-17 น.) และที่อากาศเย็น 23-24 องศาเซลเซียส (คล้ายอุณหภูมิในศูนย์ออกกำลังกายทั่วไป) จะทำการวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายทางทวารหนัก โดยที่ท่านเป็นผู้ติดสายวัดอุณหภูมิด้วยตนเองในห้องที่มิดชิดที่เตรียมไว้ให้ โดยทำตามคำแนะนำของผู้วิจัย วัดปริมาณการสูญเสียน้ำโดยจะทำการชั่งน้ำหนักแบบเปลือยในห้องที่มิดชิด และมีผ้าม่านกั้นระหว่างท่านกับผู้วิจัย ผู้วิจัยจะมองเห็นท่านได้เฉพาะใบหน้าและเท้าขณะที่ท่านทำการชั่งน้ำหนักแบบเปลือยทั้งก่อนและหลังออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ผู้วิจัยจะเป็นผู้ติดสายและถอดสายวัดแบบคาดหน้าอกให้แก่ท่าน ส่วนความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อน ผู้วิจัยจะใช้ตารางตัวเลขพร้อมคำบรรยายภาษาไทยในการถามท่าน ในขณะออกกำลังกาย ซึ่งในครั้งที่ 2 และ 3 นี้จะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

<u>ข้อกำหนดในการหยุดการทดสอบออกกำลังกายในการศึกษาครั้งนี้</u>

1. เมื่อท่านเดินออกกำลังกายได้ครบตามเวลาที่กำหนดในการทดสอบออกกำลังกาย ซึ่งประกอบไปด้วย เดินอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ต่อด้วยเดินเร็วเต็มฝีก้าวที่ความชันที่เหมาะสม

ของแต่ละบุคคล 30 นาที และเดินผ่อนเครื่อง นาน 5 นาที โดยไม่มีความผิดปกติทางด้านร่างกายใดๆ หรือ

2. เมื่อท่านมีอาการผิดปกติทางด้านร่างกาย เช่น หน้ามืด วิงเวียนศีรษะ เจ็บแน่นหน้าอก สีของผิวหนังซีดจางผิดไปจากปกติ เจ็บข้อเข่าหรือข้อเท้าจนทนไม่ไหวหรือท่านมีอาการเจ็บปวดที่กล้ามเนื้อจนเดินต่อไม่ไหว หรือ

3. อัตราการเต้นของหัวใจของท่านสูงเกินกว่าที่ผู้วิจัยกำหนดเพื่อความปลอดภัย
4. อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่วัดทางลำไส้ตรงของท่านมีค่าถึง 39 องศาเซลเซียส หรือ
5. ค่าความเหนื่อยในขณะออกกำลังกายของท่าน ถึงระดับ 17 หรือ

6. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบออกกำลังกายขัดข้องขณะที่ท่านทดสอบออกกำลังกาย หรือ

7. เมื่อท่านขอหยุดการทดสอบ

<u>สิ่งที่ท่านได้รับการขอให้ปฏิบัติ</u>

เมื่ออยู่ในช่วงการวิจัยท่านมีข้อปฏิบัติตนดังนี้

- สวมชุดเดิมหรือแบบเดิมในการทดสอบออกกำลังกายที่ห้องปฏิบัติการแต่ละครั้ง
- มาทำการทดสอบออกกำลังกายแต่ละครั้งจะเป็นช่วงเวลาเดิมในรอบวัน
- พักผ่อนนอนหลับให้เพียงพอ ไม่อดนอนก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการ
- รับประทานอาหารก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการอย่างน้อย 1-2 ชั่วโมง
- ดื่มน้ำให้เพียงพอก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการ คือดื่มน้ำหลังมื้ออาหารอย่างน้อย 400 มิลลิลิตร หรือดื่มน้ำอย่างน้อย 2 ลิตร ตลอดทั้งวัน
- หลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมทางกายที่ผิดปกติจากชีวิตประจำวัน ใน 24 ชั่วโมงก่อนมาทำการทดสอบออกกำลังกาย
- งดการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมแอลกอฮอล์และคาเฟอีน 24 ชั่วโมง ก่อนมาทำการทดสอบออกกำลังกาย

หากท่านไม่สามารถทำได้ตามข้อตกลงข้อใดข้อหนึ่งผู้วิจัยจะพิจารณาเลื่อนวันทำการทดสอบออกกำลังกายออกไป

<u>ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลที่เกิดขึ้นทั้งหมดหากมีเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือได้รับอันตรายที่เกิดจากการเข้าร่วมโครงการ

<u>ความเสี่ยงที่อาจได้รับ</u>

1. ความเสี่ยงจากการออกกำลังกาย ท่านอาจมีอาการปวดเมื่อย จากการออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับการอบอุ่นร่างกาย การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เพื่อลดอาการดังกล่าว

2. ความเสี่ยงจากการเจาะเลือด (เฉพาะท่านที่ไม่มีผลการตรวจเลือด) ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืด และโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมาก ความเสี่ยงต่าง ๆ ลดลงได้ด้วยการเจาะเลือดโดยผู้ที่เชี่ยวชาญในการเจาะเลือด ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้เจาะเลือดเป็นพยาบาลวิชาชีพ ใช้อุปกรณ์ที่ปราศจากเชื้อตามมาตรฐานการเจาะเลือด

3. ความเสี่ยงจากการติดสายวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายทางทวารหนัก ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ความเสี่ยงด้านสุขอนามัย ความเสี่ยงต่างๆ ลดลงได้ด้วยการที่ผู้วิจัยหล่อลื่นพลาสติกที่หุ้มปลายสายด้วยวาสลีนให้ทั่ว และใช้พลาสติกหุ้มปลายสายวัดอุณหภูมิแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งและไม่ใช้สายหุ้มสายวัดอุณหภูมิซ้ำกันในผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละคน และเมื่อใช้เสร็จทุกครั้งผู้วิจัยล้างทำความสะอาดและตากให้แห้งก่อนนำเก็บไว้ในกล่องเก็บอุปกรณ์ที่มิดชิด

4. ความเสี่ยงจากการประเมินการสูญเสียน้ำโดยการชั่งน้ำหนักแบบเปลือย ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเขินอาย ผู้วิจัยลดความเสี่ยงโดยการให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเปลือยกายในห้องที่มิดชิด และมีผ้าม่านกั้นระหว่างผู้เข้าร่วมงานวิจัยและผู้วิจัย

กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยในกรณีที่พบกรณีดังกล่าวข้างต้น หรืออาการอื่น ๆ ที่พบร่วมด้วย ระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว

<u>ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน</u>

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย

<u>การพบแพทย์ในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง</u>

หากมีอาการข้างเคียงใด ๆ เกิดขึ้นกับท่าน ขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันที เพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่าน และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลทั้งหมด

ประโยชน์ที่อาจได้รับ

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้จะทำให้ท่านได้ทราบวิธีการออกกำลังกายด้วยการเดินเร็วที่ความหนักปานกลางที่เหมาะสมสำหรับตัวท่าน ท่านจะสามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ในการออกกำลังกายเพื่อควบคุมน้ำหนักหรือลดน้ำหนักได้เมื่อสิ้นสุดการเข้าร่วมงานวิจัย และในช่วงของการวิจัยท่านสามารถปรึกษาปัญหาทางด้านสุขภาพและวิธีการดูแลสุขภาพของท่านได้โดยการสอบถามขอคำแนะนำจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา

อย่างไรก็ตามการเข้าร่วมวิจัยนี้จะทำให้ได้องค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ของการใช้การให้ความเย็นด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วน และจะทำให้ทราบความแตกต่างของการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ ซึ่งจะนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการออกกำลังกายของคนอ้วนและเป็นแนวทางของการศึกษาต่อไปในอนาคต

ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านงดการออกกำลังกายหรือการปฏิบัติตนที่ไม่เป็นปกติของกิจวัตรประจำวันของท่าน
- ขอให้ท่านร่วมมือปฏิบัติตามที่ได้กำหนดไว้ในโครงการอย่างเคร่งครัด

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้วิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย

Chulalongkorn University

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที และท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้วิจัยแล้ว ผู้วิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน และการลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นายปิยเชษฐ์ ตะสิงห์ ที่เบอร์ 082-8514551 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

มาตรการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นขณะออกกำลังกาย

1. รูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ในการทดสอบเป็นการออกกำลังกายด้วยความหนักระดับปานกลาง ด้วยการเดินเร็วบนลู่วิ่งกล ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ

2. ท่านมีโอกาสทำความคุ้นเคยกับการเดินบนลู่วิ่งสายพานในวันแรกที่ท่านมาที่ห้องปฏิบัติการและมีการอบอุ่นร่างกายก่อนออกกำลังกายทุกครั้ง

3. ผู้วิจัยจะยืนอยู่ข้างๆท่านขณะเดินออกกำลังกาย เพื่อสังเกตอาการความผิดปกติต่างๆและคอยประคองท่านเพื่อป้องกันการล้ม

4. หากมีเหตุฉุกเฉินที่ต้องหยุดออกกำลังกายกะทันหันผู้วิจัยจะกดปุ่ม หยุดฉุกเฉิน ที่เครื่องลู่วิ่งกลเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของสายพานทันที

5. ผู้วิจัยจะสอบถามอาการความผิดปกติต่างๆทางด้านร่างกายของท่านอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการออกกำลังกาย

6. ท่านสามารถใช้มือประคองจับราวของลู่วิ่งกลเพื่อป้องกันการล้ม ขณะผู้วิจัยปรับเพิ่มความเร็วและความชันตามรูปแบบและวิธีการทดสอบออกกำลังกาย

7. การทดสอบออกกำลังกายมีข้อกำหนดในการหยุดที่ชัดเจนซึ่งสามารถป้องกันการเกิดอันตรายต่อท่านในขณะออกกำลังกายได้

8. ขณะที่ท่านทำการทดสอบออกกำลังกายมีแพทย์เป็นผู้ดูแลเฝ้าระวังเรื่องความปลอดภัย

<u>ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย</u>

ท่านไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ในการเข้าร่วมโครงการวิจัย ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด

<u>ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย</u>

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าชดเชยค่าเดินทางและค่าเสียเวลา ในการมาทดสอบทุกครั้ง ครั้งละ 500 บาท รวมทั้งหมด 3 ครั้ง เป็นเงินรวม 1,500 บาท

<u>การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย</u>

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ท่านออกกำลังกายเพิ่มจากเดิมหรือทำกิจกรรมที่ต่างจากกิจวัตรประจำวันของท่านที่ส่งผลต่อร่างกายที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าหรือความผิดปกติอื่นๆก่อนมาที่ห้องปฏิบัติการ
- ท่านเกิดอาการข้างเคียง หรือความผิดปกติจากโปรแกรมการออกกำลังกายที่ใช้ในการศึกษา

- ท่านมีอาการเจ็บป่วยจากอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา
- ท่านไม่สามารถทำการออกกำลังกายตามที่กำหนดได้

<u>การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร</u>

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่านผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัยสามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม หากท่านต้องการยกเลิกการให้สิทธิ์ดังกล่าว ท่านสามารถแจ้งหรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่ นายปิยเชษฐ์ ตะสิงห์ สาขาเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

<u>สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ รวมทั้งสารอาหารและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
5. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
6. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใดๆ ทั้งสิ้น
7. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นต์และวันที่
8. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	AF 10-04/4.0 **เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย** (Information sheet for research participant) **สำหรับอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วน**

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตึกอานันทมหิดลชั้น 3 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 0-2256-4493 ต่อ 14, 15 ในเวลาราชการ

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการดื่มน้ำเย็นต่อการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายระดับปานกลางในที่ร้อนของคนอ้วน

ผู้สนับสนุนการวิจัย ทุนรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>นิสิตผู้ทำวิจัย</u>

1. ชื่อ นาย ปิยเชษฐ์ ตะสิงห์

ที่อยู่ หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ 082-8514551

<u>แพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัย</u>

1. ชื่อ รศ.ดร.พญ. อรอนงค์ กุละพัฒน์

ที่อยู่ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ 089-6410331

2. ชื่อ รศ. นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล

ที่อยู่ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ 081-4923552

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นเพศชายอายุระหว่าง 18-45 ปี ผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำและเป็นผู้ที่มีภาวะอ้วน ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากทีมงานของผู้ทำวิจัยหรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

<u>เหตุผลความเป็นมา</u>

โรคอ้วนเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญในหลายๆประเทศ รวมถึงประเทศไทยซึ่งทำให้สูญเสียงบประมาณในการดูแลรักษาเป็นจำนวนมาก จำนวนของประชากรผู้ที่เป็นโรคอ้วนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าจะมีการรณรงค์และส่งเสริมการใช้มาตรการต่างๆเพื่อป้องกันและควบคุมการเกิดโรคอ้วนก็ตาม โรคอ้วนมีสาเหตุจากความไม่สมดุลของพลังงานที่นำเข้าสู่ร่างกายกับการใช้พลังงานในชีวิตประจำวัน ผู้ที่เป็นโรคอ้วนจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่างๆตามมา เช่น โรคเบาหวาน โรคข้อเสื่อม โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งและอื่นๆ ทำให้คุณภาพชีวิตแย่ลง

วิธีการป้องกันการเกิดโรคอ้วน ป้องกันการกลับมาอ้วนซ้ำและรักษาโรคอ้วนในระยะยาวที่ได้ผลดีที่สุดคือการควบคุมอาหารร่วมกับการออกกำลังกาย แต่ความจริงแล้วการออกกำลังกายของคนอ้วนกลับทำได้ไม่ง่ายนัก เพราะมีอุปสรรคจากรูปร่างองค์ประกอบของร่างกายที่ไม่สมดุลและน้ำหนักตัวที่มากกว่าคนปกติ เมื่อกล้ามเนื้อทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนสะสมอยู่ภายในร่างกายส่งผลให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มสูงขึ้น คนอ้วนมีการสะสมไขมันใต้ผิวหนังที่หนาและมากกว่าคนปกติ ซึ่งไขมันที่สะสมใต้ผิวหนังนี้จะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการระบายความร้อนทางการแผ่รังสีออกจากร่างกาย คนอ้วนจะใช้การระบายความร้อนได้โดยอาศัย การระเหยของเหงื่อ จึงทำให้น้ำในร่างกายของคนอ้วนลดลงเร็วกว่าคนปกติ ซึ่งถ้าร่างกายมีการสูญเสียน้ำเกิน 2% ของน้ำหนักตัวก็จะทำให้เกิดภาวะขาดน้ำและปริมาตรน้ำในหลอดเลือดลดลงซึ่งอาจเป็นอันตรายทำให้เสียชีวิตได้ ตามคำแนะนำของสมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งอเมริกา (ACSM) และจากการศึกษาวิจัยอื่นๆ คนอ้วนควรออกกำลังกายแบบต่อเนื่องด้วยความหนักระดับปานกลาง ที่ใช้เวลา 30 นาทีขึ้นไป แต่ในปัจจุบันยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายคนอ้วนซึ่งมักจะเป็นคนไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำจะตอบสนองอย่างไรกับการออกกำลังกายในสภาพอากาศต่างๆ ทั้งในที่อากาศเย็นและที่อากาศร้อน

ดังนั้นเมื่อคนอ้วนออกกำลังกายในที่ร้อนซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้บ่อยในประเทศในเขตร้อน การเพิ่มขึ้นสูงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจึงอาจเกิดขึ้นได้มากกว่าในที่เย็น มีรายงานว่าการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายในที่ร้อน สามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความทนทาน ลดอุณหภูมิในร่างกาย ลดความเหนื่อยขณะออกกำลังกายได้ ซึ่งยืนยันผลดีแล้วในคนน้ำหนักปกติที่เป็นนักกีฬา อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลว่าการให้ความเย็นก่อนออกกำลังกายจะมีผลดีต่อการออกกำลังกายในคนอ้วนหรือไม่

<u>วัตถุประสงค์ของการศึกษา</u>

วัตถุประสงค์หลักจากการศึกษาในครั้งนี้คือ

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำระหว่างผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่เป็นคนอ้วน 12 คนกับคนน้ำหนักปกติ 12 คนในการเดินออกกำลังกายระดับความหนักปานกลาง ระยะเวลา 30 นาที ในที่อากาศร้อนและที่อากาศเย็น
2. เพื่อศึกษาผลของการให้ความเย็นด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นก่อนออกกำลังกายในที่อากาศร้อนว่าส่งผลต่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และการสูญเสียน้ำ ในคนอ้วนอย่างไร

<u>วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย</u>

หากท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านจะได้รับเชิญให้มาพบผู้ทำวิจัยตามวันเวลาที่นัดหมาย โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย คือ ประมาณ 4 สัปดาห์ และมาพบผู้วิจัยทั้งสิ้น 5 ครั้ง จำนวนผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่มีภาวะอ้วน 12 คน

<u>ครั้งที่ 1</u> ท่านมาเพื่อให้ข้อมูลส่วนบุคคล โดยผู้วิจัยสอบถามข้อมูลทั่วไป และประวัติสุขภาพทั้งอดีต และปัจจุบัน และผู้วิจัยจะขอตรวจ น้ำหนัก ส่วนสูง องค์ประกอบของร่างกาย ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก หากท่านไม่มีการตรวจระดับน้ำตาลและระดับไขมันในเลือดในระยะเวลา 1 ปี ผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณ 7 มิลลิลิตร (ประมาณ 1.5 ช้อนชา) เพื่อที่จะนำไปตรวจหาระดับน้ำตาลและระดับไขมันในเลือดให้แก่ท่านเพื่อยืนยันคุณสมบัติที่เหมาะสมในการเข้าร่วมงานวิจัย รวมถึงการทดสอบหาความเร็วและความชันที่เหมาะสมสำหรับโปรแกรมการเดินออกกำลังกายบนลู่วิ่งกล และอธิบายการเตรียมตัวของผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยท่านจะได้รับการขอร้องให้เตรียมตัวตามขั้นตอนที่แนะนำก่อนที่จะมาพบครั้งต่อไป ซึ่งในครั้งที่ 1 นี้จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

<u>ครั้งที่ 2 และ 3 ทดสอบออกกำลังกายในที่อากาศร้อนและที่อากาศเย็นของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติ</u>

หลังจากที่ท่านมาพบผู้วิจัยครั้งที่แล้ว 3-7 วัน ท่านจะได้รับการขอให้มาทำการทดสอบออกกำลังกายความหนักปานกลางด้วยการเดินเร็วบนลู่วิ่งกล ซึ่งผู้วิจัยจะจับฉลากสุ่มเลือกให้ท่านออกกำลังกายในที่อากาศร้อน 30-31 องศาเซลเซียส (คล้ายอุณหภูมิกลางแจ้งในสวนสาธารณะ เวลาประมาณ 16-17 น.) และที่อากาศเย็น 23-24 องศาเซลเซียส (คล้ายอุณหภูมิในศูนย์ออกกำลังกาย

ทั่วไป) จะทำการวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายทางทวารหนัก โดยที่ท่านเป็นผู้ติดสายวัดอุณหภูมิด้วยตนเองในห้องที่มิดชิดที่เตรียมไว้ให้ โดยทำตามคำแนะนำของผู้วิจัย วัดปริมาณการสูญเสียน้ำโดยจะทำการชั่งน้ำหนักแบบเปลือยในห้องที่มิดชิด และมีผ้าม่านกั้นระหว่างท่านกับผู้วิจัย ผู้วิจัยจะมองเห็นท่านได้เฉพาะใบหน้าและเท้าขณะที่ท่านทำการชั่งน้ำหนักแบบเปลือยทั้งก่อนและหลังออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ผู้วิจัยจะเป็นผู้ติดสายและถอดสายวัดแบบคาดหน้าอกให้แก่ท่าน ส่วนความรู้สึกเหนื่อยและความรู้สึกร้อน ผู้วิจัยจะใช้ตารางตัวเลขพร้อมคำบรรยายภาษาไทยในการถามท่าน ในขณะออกกำลังกาย ซึ่งในครั้งที่ 2 และ 3 นี้จะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

<u>ข้อกำหนดในการหยุดการทดสอบออกกำลังกายในการศึกษาครั้งนี้</u>

1. เมื่อท่านเดินออกกำลังกายได้ครบตามเวลาที่กำหนดในการทดสอบออกกำลังกาย ซึ่งประกอบไปด้วย เดินอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ต่อด้วยเดินเร็วเต็มฝีก้าวที่ความชันที่เหมาะสมของแต่ละบุคคล 30 นาที และเดินผ่อนเครื่อง นาน 5 นาที โดยไม่มีความผิดปกติทางด้านร่างกายใดๆ หรือ
2. เมื่อท่านมีอาการผิดปกติทางด้านร่างกาย เช่น หน้ามืด วิงเวียนศีรษะ เจ็บแน่นหน้าอก สีของผิวหนังซีดจางผิดไปจากปกติ เจ็บข้อเข่าหรือข้อเท้าจนทนไม่ไหวหรือท่านมีอาการเจ็บปวดที่กล้ามเนื้อจนเดินต่อไม่ไหว หรือ
3. อัตราการเต้นของหัวใจของท่านสูงเกินกว่าที่ผู้วิจัยกำหนดเพื่อความปลอดภัย
4. อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายที่วัดทางลำไส้ตรงของท่านมีค่าถึง 39 องศาเซลเซียส หรือ
5. ค่าความเหนื่อยในขณะออกกำลังกายของท่าน ถึงระดับ 17 หรือ
6. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบออกกำลังกายขัดข้องขณะที่ท่านทดสอบออกกำลังกาย หรือ
7. เมื่อท่านขอหยุดการทดสอบ

<u>ครั้งที่ 4 และ 5 การทดสอบผลของการให้ความเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่อากาศร้อนของคนอ้วน</u>

ผู้วิจัยจะทำการจับฉลากสุ่มเลือกลำดับการทดลองให้แก่ท่าน โดยการทดลองดื่มน้ำเย็นจัดและน้ำอุ่น ปริมาณ 15.6 กรัมต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักมวลกล้ามเนื้อ ปริมาณ 500-700 มิลลิลิตร แล้วแต่บุคคล ก่อนการออกกำลังกายในที่อากาศร้อน 30 องศาเซลเซียส โดยการเดินเร็วบนลู่วิ่งกลตามโปรแกรมการออกกำลังกายในการทดสอบครั้งที่ 2 และ 3 ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงครึ่ง

<u>สิ่งที่ท่านได้รับการขอให้ปฏิบัติ</u>

เมื่ออยู่ในช่วงการวิจัยท่านมีข้อปฏิบัติตนดังนี้

- สวมชุดเดิมหรือแบบเดิมในการทดสอบออกกำลังกายที่ห้องปฏิบัติการแต่ละครั้ง
- มาทำการทดสอบออกกำลังกายแต่ละครั้งจะเป็นช่วงเวลาเดิมในรอบวัน
- พักผ่อนนอนหลับให้เพียงพอ ไม่อดนอนก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการ
- รับประทานอาหารก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการอย่างน้อย 1-2 ชั่วโมง

- ดื่มน้ำให้เพียงพอก่อนที่จะมาที่ห้องปฏิบัติการ คือดื่มน้ำหลังมื้ออาหารอย่างน้อย 400 มิลลิลิตร หรือดื่มน้ำอย่างน้อย 2 ลิตร ตลอดทั้งวัน

- หลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมทางกายที่ผิดปกติจากชีวิตประจำวัน ใน 24 ชั่วโมงก่อนมาทำการทดสอบออกกำลังกาย

- งดการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมแอลกอฮอล์และคาเฟอีน 24 ชั่วโมง ก่อนมาทำการทดสอบออกกำลังกาย

หากท่านไม่สามารถทำได้ตามข้อตกลงข้อใดข้อหนึ่งผู้วิจัยจะพิจารณาเลื่อนวันทำการทดสอบออกกำลังกายออกไป

<u>ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลที่เกิดขึ้นทั้งหมดหากมีเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือได้รับอันตรายที่เกิดจากการเข้าร่วมโครงการ

<u>ความเสี่ยงที่อาจได้รับ</u>

1. ความเสี่ยงจากการออกกำลังกาย ท่านอาจมีอาการปวดเมื่อย จากการออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับการอบอุ่นร่างกาย การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เพื่อลดอาการดังกล่าว

2. ความเสี่ยงจากการเจาะเลือด (เฉพาะท่านที่ไม่มีผลการตรวจเลือด) ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืด และโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมาก ความเสี่ยงต่าง ๆ ลดลงได้ด้วยการเจาะเลือดโดยผู้ที่เชี่ยวชาญในการเจาะเลือด ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้เจาะเลือดเป็นพยาบาลวิชาชีพ ใช้อุปกรณ์ที่ปราศจากเชื้อตามมาตรฐานการเจาะเลือด

3. ความเสี่ยงจากการติดสายวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายทางทวารหนัก ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ความเสี่ยงด้านสุขอนามัย ความเสี่ยงต่างๆ ลดลงได้ด้วยการที่ผู้วิจัยหล่อลื่นพลาสติกที่หุ้มปลายสายด้วยวาสลีนให้ทั่ว และใช้พลาสติกหุ้มปลายสายวัดอุณหภูมิแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งและไม่ใช้สายหุ้มสายวัดอุณหภูมิซ้ำกันในผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละคน และเมื่อใช้เสร็จทุกครั้งผู้วิจัยล้างทำความสะอาจและตากให้แห้งก่อนนำเก็บไว้ในกล่องเก็บอุปกรณ์ที่มิดชิด

4. ความเสี่ยงจากการประเมินการสูญเสียน้ำโดยการชั่งน้ำหนักแบบเปลือย ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเขินอาย ผู้วิจัยลดความเสี่ยงโดยการให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเปลือยกายในห้องที่มิดชิด และมีผ้าม่านกั้นระหว่างผู้เข้าร่วมงานวิจัยและผู้วิจัย

กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยในกรณีที่พบกรณีดังกล่าวข้างต้น หรืออาการอื่น ๆ ที่พบร่วมด้วย ระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว

ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย

การพบแพทย์ในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง

หากมีอาการข้างเคียงใด ๆ เกิดขึ้นกับท่าน ขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันที เพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่าน และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลทั้งหมด

ประโยชน์ที่อาจได้รับ

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้จะทำให้ท่านได้ทราบวิธีการออกกำลังกายด้วยการเดินเร็วที่ความหนักปานกลางที่เหมาะสมสำหรับตัวท่าน ท่านจะสามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ในการออกกำลังกายเพื่อควบคุมน้ำหนักหรือลดน้ำหนักได้เมื่อสิ้นสุดการเข้าร่วมงานวิจัย และในช่วงของการวิจัยท่านสามารถปรึกษาปัญหาทางด้านสุขภาพและวิธีการดูแลสุขภาพของท่านได้โดยการสอบถามขอคำแนะนำจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา

อย่างไรก็ตามการเข้าร่วมวิจัยนี้จะทำให้ได้องค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ของการใช้การให้ความเย็นด้วยวิธีการดื่มน้ำเย็นก่อนการออกกำลังกายในที่ร้อนของคนอ้วน และจะทำให้ทราบความแตกต่างของการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายและการสูญเสียน้ำขณะออกกำลังกายของคนอ้วนเปรียบเทียบกับคนน้ำหนักปกติซึ่งจะนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการออกกำลังกายของคนอ้วนและเป็นแนวทางของการศึกษาต่อไปในอนาคต

ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านงดการออกกำลังกายหรือการปฏิบัติตนที่ไม่เป็นปกติของกิจวัตรประจำวันของท่าน

- ขอให้ท่านร่วมมือปฏิบัติตามที่ได้กำหนดไว้ในโครงการอย่างเคร่งครัด

<u>อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้วิจัย</u>

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที และท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้วิจัยแล้ว ผู้วิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน และการลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นายปิยเชษฐ์ ตะสิงห์ ที่เบอร์ 082-8514551 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

<u>มาตรการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นขณะออกกำลังกาย</u>

1. รูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ในการทดสอบเป็นการออกกำลังกายด้วยความหนักระดับปานกลาง ด้วยการเดินเร็วบนลู่วิ่งกล ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ
2. ท่านมีโอกาสทำความคุ้นเคยกับการเดินบนลู่วิ่งสายพานในวันแรกที่ท่านมาที่ห้องปฏิบัติการและมีการอบอุ่นร่างกายก่อนออกกำลังกายทุกครั้ง
3. ผู้วิจัยจะยืนอยู่ข้างๆท่านขณะเดินออกกำลังกาย เพื่อสังเกตอาการความผิดปกติต่างๆและคอยประคองท่านเพื่อป้องกันการล้ม
4. หากมีเหตุฉุกเฉินที่ต้องหยุดออกกำลังกายกะทันหันผู้วิจัยจะกดปุ่ม หยุดฉุกเฉิน ที่เครื่องลู่วิ่งกลเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของสายพานทันที
5. ผู้วิจัยจะสอบถามอาการความผิดปกติต่างๆทางด้านร่างกายของท่านอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการออกกำลังกาย
6. ท่านสามารถใช้มือประคองจับราวของลู่วิ่งกลเพื่อป้องกันการล้ม ขณะผู้วิจัยปรับเพิ่มความเร็วและความชันตามรูปแบบและวิธีการทดสอบออกกำลังกาย
7. การทดสอบออกกำลังกายมีข้อกำหนดในการหยุดที่ชัดเจนซึ่งสามารถป้องกันการเกิดอันตรายต่อท่านในขณะออกกำลังกายได้
8. ขณะที่ท่านทำการทดสอบออกกำลังกายมีแพทย์เป็นผู้ดูแลเฝ้าระวังเรื่องความปลอดภัย

<u>ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย</u>

ท่านไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ในการเข้าร่วมโครงการวิจัย ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด

<u>ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย</u>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าชดเชยค่าเดินทางและค่าเสียเวลา ในการมาทดสอบทุกครั้ง ครั้งละ 500 บาท รวมทั้งหมด 5 ครั้ง เป็นเงินรวม 2,500 บาท

<u>การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย</u>

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ท่านออกกำลังกายเพิ่มจากเดิมหรือทำกิจกรรมที่ต่างจากกิจวัตรประจำวันของท่านที่ส่งผลต่อร่างกายที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าหรือความผิดปกติอื่นๆก่อนมาที่ห้องปฏิบัติการ
- ท่านเกิดอาการข้างเคียง หรือความผิดปกติจากโปรแกรมการออกกำลังกายที่ใช้ในการศึกษา
- ท่านมีอาการเจ็บป่วยจากอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา
- ท่านไม่สามารถทำการออกกำลังกายตามที่กำหนดได้

<u>การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร</u>

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่านผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัยสามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม หากท่านต้องการยกเลิกการให้สิทธิ์ดังกล่าว ท่านสามารถแจ้งหรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่ นายปิยเชษฐ์ ตะสิงห์ สาขาเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

<u>สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้

2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ รวมทั้งสารอาหารและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย

4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย

5. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

6. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใดๆ ทั้งสิ้น

7. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นต์และวันที่

8. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดลชั้น 3 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร 0-2256-4493 ต่อ 14, 15 ในเวลาราชการ

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้.

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	นายปิยเชษฐ์ ตะสิงห์
วัน เดือน ปีเกิด	14 มกราคม 2531
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2551 - 2554)
	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา เกียรตินิยมอันดับ 1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University