หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำงานหรือการออกกำลังอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของร่างกาย ซึ่งหมายถึงอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายสามารถทำหน้าที่ได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับกิจกรรมที่กระทำ[1] ได้แก่ ระบบประสาท ระบบหายใจ ระบบไหลเวียน ระบบกล้ามเนื้อ การใช้พลังงานและการควบคุมอุณหภูมิกาย ขณะออกกำลังกายระบบเหล่านี้จะปรับตัวให้เหมาะสมกับกิจกรรมนั้น ๆ เพื่อให้ทำงานนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ในการออกกำลังกายในสภาพอากาศร้อน กลไกการควบคุมอุณหภูมิกายจะทำงานมากขึ้น เพื่อปรับอุณหภูมิกายไม่ให้สูงมากเกินไป ความสามารถในการทำงานของร่างกายของแต่ละบุคคลแตกต่างกันตามลักษณะของร่างกาย เช่น โครงสร้าง เพศ วัย และกลไกการทำงานภายในร่างกาย และสภาพอากาศแวดล้อม นักสรีรวิทยาและนักพลศึกษาสนใจศึกษาเกี่ยวกับขีดจำกัดความสามารถในการทำงาน เพื่อปรับปรุงให้มนุษย์สามารถทำงานได้เป็นระยะเวลานาน และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แต่ก็ยังมีปัญหาอีกมากที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าอะไรเป็นปัจจัยที่แท้จริงที่จำกัดความสามารถในการทำงาน เพราะแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน[2]

นักสรีรวิทยาหลายท่านศึกษาพบว่า ความสามารถในการทำงานของแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับอาหารในกล้ามเนื้อ ซึ่งอยู่ในรูปของไกลโคเจน ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งได้จากการหายใจ และมีเอ็นซัยม์เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาให้กลายเป็นพลังงาน และเกิด

---

[1] Laurence E. Morehouse and Augustus T. Miller, Physiology of Exercise (Saint Louise: The C.V. Mosby Company, 1971), p. 264

[2] Per-Olof Astrand and Kaare Rodahl, Textbook of Work Physiology (New York : McGraw-Hill, Inc. 1970), p. 270.

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารปฏิกูลต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติก ความร้อน และน้ำ ถ้ามีสารปฏิกูลเหล่านี้สะสมอยู่ในร่างกายเป็นจำนวนมากเกินควร จะทำให้ร่างกายไม่สามารถทำงานได้ และอาจเป็นอันตรายแก่ร่างกายอีกด้วย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องขับถ่ายส่วนที่เกินนี้อย่างรวดเร็ว โดยอาศัยระบบการไหลเวียนโลหิตและระบบขับถ่าย ซึ่งเป็นการยืดเวลาการทำงานออกไปอีก

การทำงานของกล้ามเนื้อเกิดจากขบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี 2 ขบวนการด้วยกันคือ แบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic process) ได้แก่การออกกำลังในระยะเวลาสั้น และขบวนการแบบใช้ออกซิเจน (aerobic process) ได้แก่การออกกำลังเป็นระยะเวลานาน และใช้ความอดทน[3] ในการออกกำลังกายที่ต้องใช้เวลานานเกิน 5 นาที จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในกล้ามเนื้อทั้ง 2 ขบวนการ[4] คือ เริ่มจากขบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic process) โดยอะดีโนซีนไทรฟอสเฟต (เอ.ที.พี.) สลายตัวให้อะดีโนซีนไดฟอสเฟต (เอ.ดี.พี.) กับฟอสฟอรัสไอออน และให้พลังงานสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อ ต่อมา ครีอะตินฟอสเฟต (ซี.พี.) ทำปฏิกิริยากับอะดีโนซีนไดฟอสเฟต (เอ.ดี.พี.) กลับเป็นอะดีโนซีนไทรฟอสเฟต (เอ.ที.พี.) และครีอะติน ครีอะตินที่เกิดขึ้นนี้ทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสไอออนที่ได้จากการสลายตัวของอะดีโนซีนไทรฟอสเฟต (เอ.ที.พี.) ในตอนแรกและพลังงานที่ได้จากการออกซิไดส์ของไกลโคเจน ให้กลับมาเป็นครีอะตินฟอสเฟตตามเดิม ไกลโคเจนที่ถูกออกซิไดส์นั้นนอกจากให้พลังงานที่สังเคราะห์ครีอะตินแล้วยังให้กรดแลคติกอีกด้วย ขั้นต่อไปเป็นการทำงานโดยขบวนการใช้ออกซิเจน (aerobic process) เศษ 1 ส่วน 5 ของกรดแลคติกที่ได้จากขบวนการไม่ใช้ออกซิเจน

---

[3] <u>Ibid</u>., p. 25.

[4] Peter V. Karpovich and Wayne E. Sinning, <u>Physiology of Muscular Activity</u> (Philadelphia : W.B.Saunders Company, 1971), p. 20.

(anaerobic process) ดังกล่าว ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน พลังงานที่ได้นี้ไปสังเคราะห์กรดแลคติกเศษ 4 ส่วน 5 ที่ยังเหลืออยู่ให้กลับเป็นไกลโคเจนตามเดิม เพื่อให้กล้ามเนื้อใช้เป็นพลังงานต่อไป

ออกซิเจนที่หายใจเข้าไปจะมีปริมาณเพียงพอหรือไม่กับความต้องการในขบวนการใช้ออกซิเจน (aerobic process) ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และงานที่กระทำ ถ้าออกแรงระดับปานกลางออกซิเจนที่หายใจเข้าไปจะมีปริมาณเพียงพอกับที่ร่างกายต้องการใช้ แต่ในการออกกำลังกายหนักเป็นเวลานาน ออกซิเจนที่หายใจเข้าไปอาจมีปริมาณไม่เพียงพอกับที่ร่างกายต้องการ ทำให้มีกรดแลคติกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ ถ้ายังคงออกกำลังหนัก ๆ ต่อไปอีกปริมาณกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้น และไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะค่อย ๆ ลดลง ทำให้เกิดอาการเมื่อยล้า (fatigue) ขึ้นที่กล้ามเนื้อจนร่างกายไม่สามารถทำงานต่อไปได้อีก[5] นอกจากเกิดกรดแลคติกแล้ว ยังเกิดภาวะ "หนี้ออกซิเจน" (Oxygen debt) ขึ้นในร่างกายอีกด้วย เนื่องจากออกซิเจนที่หายใจเข้าไปไม่เพียงพอที่จะใช้ในระหว่างการออกกำลัง และการใช้หนี้ออกซิเจนนี้จะต้องใช้ในระยะคืนสู่สภาพปกติภายหลังการออกกำลังกาย เช่น นักกีฬาออกกำลังในระดับที่ต้องการออกซิเจน 4 ลิตร ต่อนาที แต่ร่างกายสามารถหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปได้เพียง 3 ลิตรต่อนาที เขาต้องเป็นหนี้ออกซิเจนด้วยอัตรา 1 ลิตรต่อนาทีระหว่างออกกำลัง ดังนั้นในระยะคืนสู่สภาพปกติการหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปจึงต้องมีปริมาณมากกว่าปกติ จนกว่าหนี้ออกซิเจนจะถูกใช้ให้หมดไป เอ.วี.ฮิลล์ นักสรีรวิทยาชาวอังกฤษให้คำจำกัดความของคำว่า "หนี้ออกซิเจน" คือ การใช้ออกซิเจนในระยะคืนสู่สภาพปกติหลังออกกำลัง ซึ่งมีระดับสูงกว่าการใช้ในเวลาปกติ ออกซิเจนนี้ถูกใช้เพื่อออกซิไดส์ กรดแลคติกที่คั่งค้างอยู่ในระหว่างออกกำลังกาย[6] หนี้ออกซิเจนเป็นปัจจัยหนึ่งที่จำกัดความสามารถในการทำงาน

---

[5] *Ibid.*, p. 56

[6] Astrand and Kaare, *op. cit.*, p. 20.

ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่จำกัดความสามารถในการทำงาน คือ "การรักษาสภาพดุลย์ภายในร่างกาย (โฮมีโอสเตซีส)" หมายถึงการรักษาสภาพในเซลของร่างกายให้คงที่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ดุลย์นี้เป็นหลักสำคัญที่จะประกันได้ว่าร่างกายสามารถจะมีชีวิตอยู่ได้ ปัจจัยสำคัญของดุลย์นี้ได้แก่ดุลย์กรด–ด่าง ดุลย์น้ำและดุลย์ความร้อน ฯลฯ ดุลย์เหล่านี้อยู่ในสภาพที่เรียกว่า "ดุลย์แกว่งไกว" (Dynamic Equilibrium)[7] คือ จุดหรือขีดของการได้ดุลย์มิได้มีค่าแน่นอนตายตัว แต่แกว่งไกวขึ้น ๆ ลง ๆ อยู่ในขอบเขตจำกัด ข้อนี้ช่วยให้ร่างกายสามารถปรับตัวเข้ากับความจำเป็นที่เกิดขึ้นหรือเข้ากับร่างกายได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อร่างกายออกกำลังหนัก สภาวะความเป็นกรดของเลือดและอุณหภูมิกายจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นร่างกายจึงต้องรักษาสภาพดุลย์ไว้โดยการหยุดออกกำลัง เพื่อปรับระดับความเป็นกรดของเลือด และอุณหภูมิกายให้เข้าสู่สภาพปกติ

โดยปกติร่างกายจะรักษาอุณหภูมิกายให้คงที่อยู่เสมอ อาจมีการแกว่งไกวได้ประมาณ 1° ซ. ตามสภาพอากาศแวดล้อม เสื้อผ้าที่สวมหรือกิจกรรมที่กระทำ การรักษาอุณหภูมิกายในร่างกายเป็นหน้าที่ของศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกาย อยู่ที่ไฮโปธาลามัส (Hypothalamus) ในสมองส่วนกลาง ทำหน้าที่ควบคุมการกำจัดความร้อนของร่างกายให้มีอัตราส่วนสมดุลย์กับความร้อนที่เกิดขึ้น เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิกายให้คงที่ ความร้อนภายในร่างกายเกิดจากขบวนการเมตะโบลิซึ่ม การได้รับความร้อนมาจากสภาพอากาศแวดล้อม และจากการทำงานของกล้ามเนื้อ ส่วนการกำจัดความร้อนออกจากร่างกายทางกายภาพทำได้โดยการขยายตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนัง เพื่อให้เลือดไหลมาที่ผิวหนังมากขึ้น และนำความร้อนจากร่างกายมาปลอยที่ผิวหนัง โดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสี ประกอบกับการระเหยของเหงื่อ ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม อุณหภูมิกายปกติของคนเราอยู่ประมาณ 36.0° ซ. ถึง 37.5° ซ. ถ้าออกกำลังหนักที่งานระดับหนึ่งในสภาพอากาศ

---

[7]อวย เกตุสิงห์ "กีฬายาวิเศษ" <u>สารศิริราช</u>, 5 – 6 (พ.ค. – มิ.ย., 2511) หน้า 169.

แวดล้อมปกติ (อุณหภูมิ 28° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65° ซ.) อุณหภูมิกายจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งเป็นขีดจำกัดสูงสุด ประมาณ 39.5° ซ.[8] เป็นระดับที่จะหยุดทำงาน อุณหภูมิกายจะเพิ่มขึ้นมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณงาน เวลาการทำงาน อุณหภูมิและความชื้นของอากาศแวดล้อม สภาพร่างกายของแต่ละบุคคล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกายอย่างมากอาจทำให้ความสามารถในการทำงานทั้งร่างกายและจิตใจเสียไป[9] เมื่ออุณหภูมิกายเพิ่มขึ้นถึง 42° ซ. อัตราการใช้พลังงานจะเพิ่มมากขึ้น มีอาการอ่อนเพลียหมดแรง ผิวหนังร้อนและแห้ง หน้าแดง และเหงื่อหยุดไหล ถ้าความร้อนยังคงเพิ่มขึ้นต่อไปอีกจนเกิดอาการ "เผาตัวเอง" ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิต่อไปได้อีก อุณหภูมิกายจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เซลประสาทภายในสมองถูกทำลาย อาจถึงแก่ความตายได้[10]

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกายทำให้ระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เช่น ระบบการหายใจ ระบบไหลเวียนโลหิต และระบบการขับถ่าย เป็นต้น เมื่ออุณหภูมิกายเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5° ซ. (1° ฟ.) ทำให้อัตราชีพจรเพิ่มขึ้น 15 ครั้งต่อนาทีในขณะพัก และเพิ่มขึ้น 20 ครั้งต่อนาทีขณะยืน[11] อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น 5 – 6 ครั้งต่อนาที เมื่ออุณหภูมิกายเพิ่มขึ้น 1° ซ. ปริมาตรการสูบฉีดโลหิตใน 1 นาทีก็เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เกิดจากเลือดที่มีอุณหภูมิสูงจะกระตุ้นศูนย์ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งเรียกว่าไซนัส โนด (Sinus node) อยู่ที่ผนังหัวใจห้องบนขวา ทำให้อัตราชีพจรเพิ่มขึ้น

---

[8] F.R. Winton and L.E. Bayliss, Human Physiology (Boston : Little Brown and Company, 1962) p. 591.

[9] Astrand and Kaare, op. cit., p. 491.

[10] Arthur C. Guyton, Function of Human Body (Philadelphia : W.B. Saunders Company, 1964) p. 367.

[11] Karpovich and Sinning, op cit., p. 234.

การออกกำลังกายหนัก ๆ ทำให้เกิดหนี้ออกซิย์เจ็น(O_2 debt) และเกิดความร้อนขึ้นในร่างกาย ความร้อนนี้จะสะสมอยู่ภายในร่างกายตลอดการออกกำลัง มีผู้เรียกความร้อนที่สะสมอยู่นี้ว่า "หนี้ความร้อน" (heat debt)[12]หลังจากหยุดออกกำลังกายแล้วร่างกายจะต้องใช้หนี้ทั้งสองให้หมดไป จากการศึกษาของศาสตราจารย์นายแพทย์อวย เกตุสิงห์ และคณะ[13] ร่างกายสามารถใช้หนี้ออกซิย์เจ็นได้เร็วกว่าการใช้หนี้ความร้อน การใช้หนี้ความร้อนใช้เวลาเท่า ๆ กับการคืนสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรในทุกสภาพอากาศแวดล้อม ผู้วิจัยคิดว่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายในขณะออกกำลัง อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่จำกัดความสามารถในการออกกำลังกาย นอกจากหนี้ออกซิย์เจ็นและปัจจัยอื่น ๆ ที่ได้มีการวิจัยกันมาแล้ว

การวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 1960 แอล. บรฮา[14] ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีต่ออัตราชีพจร และปริมาณการใช้ออกซิย์เจ็น (Oxygen consumption) โดยใช้ชาย 6 คน ออกกำลังปานกลาง ในสภาพอากาศอุณหภูมิ 30° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % โดยถีบจักรยานวัดงานเป็นเวลา 30 นาที และให้ถีบจักรยานวัดงานอย่างสูงสุดต่อไปอีก 4 นาที ปรากฏว่าอัตราชีพจรกลับสู่สภาพปกติได้ช้ากว่าออกซิย์เจ็นที่หายใจเข้าไป(Oxygen intake) ถึงแม้ว่าปริมาณการใช้ออกซิเจ็นในร่างกายจะเข้าสู่ระดับปกติแล้วก็ตาม อัตราชีพจรยังคงสูงกว่าปกติ หลังจากหยุดออกกำลังแล้ว ปริมาณการใช้ออกซิย์เจ็นกลับคืนสู่สภาพปกติอย่างรวดเร็ว

---

[12]Ouay Ketusinh and others, Ergometry in Tropical Climate, Internationales Seminar für Ergometrie, (Berlin, 1972), pp. 34 - 40.

[13]Loc cit.

[14]L. Brouha, "Effect of Exercise on Heart Rate and O_2 Consumption," Physiology of Muscular Activity, (London : W.B. Saunders Company, 1966), p. 172.

ในปี ค.ศ. 1962 แอล. บรูฮา และ เอ็ม. อี. แมกซ์ฟิลด์[15] ได้ศึกษาถึงภาวะความตึงเครียดในการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้องออกแรง ทำงานในอุณหภูมิสูงและการคืนสู่สภาพปกติหลังจากออกกำลังในอุณหภูมินั้น ๆ โดยใช้ชาย 1 คน หญิง 1 คน ถีบจักรยานวัดงาน ผลปรากฏว่าการทำงานในที่อุณหภูมิแวดล้อมสูง ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้หมดไปจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น และอัตราชีพจรจะสูงขึ้น ส่วนการฟื้นสภาพของกล้ามเนื้อ หลังจากออกกำลังในอุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าอุณหภูมิแวดล้อมไม่เป็นเครื่องที่จะแสดงได้ชัดเจนว่ากล้ามเนื้อมีความตึงเครียดมากขึ้นหรือลดลง ในภาวะอากาศนั้น ๆ อัตราชีพจรจะเป็นเครื่องบอกถึงสภาวะความตึงเครียดในการทำงานของกล้ามเนื้อ

ในปีเดียวกัน โอ.จี. เอ็ดโฮล์ม และคณะ[16] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการทำงานในความเย็นและความร้อนต่ออัตราชีพจรและอุณหภูมิกาย โดยใช้ผู้ถูกทดลอง 8 คน ฝึกยกน้ำหนักวันละ 4 ชั่วโมง (ออกกำลัง 30 นาที พัก 30 นาที) ทุกวัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ในที่อากาศเย็น หลังจากนั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ฝึกในที่อากาศเย็น 1 กลุ่ม และอากาศร้อน 1 กลุ่ม เป็นเวลา 12 วัน ผลพบว่าการใช้พลังงานในที่ร้อนและเย็นไม่แตกต่างกัน หลังจากการฝึก 1 สัปดาห์ อัตราชีพจร และอุณหภูมิกายในอากาศเย็นมีความสัมพันธ์กันเช่นเดียวกับการฝึกในอากาศร้อน แต่อัตราชีพจรจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าในอากาศเย็น อุณหภูมิกายของกลุ่มร้อนและกลุ่มเย็นไม่แตกต่างกัน หลังการทำงานพบว่าอัตราชีพจร และอุณหภูมิกายมีความสัมพันธ์กัน ถ้าอุณหภูมิกายเพิ่มขึ้น 1° ซ. ทำให้อัตรา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[15] L. Brouha and M.E. Mosefield, "Practical Evaluation of Strain in Muscular Work and Heat Exposure by Heart Rate Recovery Curves," Research Abstract, 35 (January, 1966), p. 57.

[16] O.G. Edholm and Others, "Effects of Work in Cool and Hot Conditions on Pulse Rate and Body Temperature," Ergonomies, 5 (March, 1962), pp. 545 - 556.

ชีพจรเพิ่มขึ้น 27 ครั้งต่อนาที ผลของการทำงานในที่ร้อนยังขึ้นอยู่กับความเคยชินกับอากาศอีกด้วย

ในปี ค.ศ. 1966 โบดิล นีลเสน[17] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิและการระบายความร้อน จากการใช้พลังงานระดับต่าง ๆ และการผลิตความร้อน โดยการทดลองหาสัดส่วนของการผลิตความร้อน และการผลิตพลังงานที่ระดับต่าง ๆ กัน ให้ผู้ถูกทดลองเดินหรือวิ่งบนลู่กลที่เอียงขึ้นสูง ที่ราบ และลาดลงต่ำ ด้วยความเร็ว 2 – 4 ก.ม.ต่อชั่วโมง ออกกำลังจนถึงภาวะคงตัว(Steady state) พบว่าอุณหภูมิกายที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการผลิตพลังงาน แต่ไม่ขึ้นอยู่กับการผลิตความร้อน อัตราการหลั่งเหงื่อและการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนัง เปลี่ยนแปลงอย่างเป็นสัดส่วนกับการผลิตความร้อนทั้งหมด โดยไม่เกี่ยวกับอุณหภูมิภายในร่างกาย การควบคุมอุณหภูมิระหว่างการทำงานมีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ

1. เพื่อปรับอุณหภูมิภายในร่างกายให้เป็นสัดส่วนกับสมรรถภาพการจับออกซิเจ็น

2. การควบคุมอุณหภูมิกายโดยการระบายความร้อนออกจากร่างกายให้มีปริมาณเท่ากับความร้อนที่เกิดขึ้น แต่ไม่ขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิภายในร่างกาย

ในปีเดียวกัน โกลด์แมน และคณะ[18] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความอดทนต่อสภาพอากาศแวดล้อมที่ ร้อน–ชื้น ในขณะพัก โดยใช้ผู้ถูกทดลอง 10 กลุ่มนั่งพักในสภาพอากาศแวดล้อมร้อน – ชื้น เวลาของความอดทนของผู้ทดลองกำหนดโดย อุณหภูมิทวารหนักที่เพิ่ม

---

[17] Bodil Nielsen, "Regulation of Body Temperature and Heat Dissipation at Different Level of Energy and Heat Production in Man," <u>Acta Physiologica Scandinavica</u>, (68 : 1966)pp. 215 - 227.

[18] Ralph F. Goldman, Edward B. Green and P.F. Iampietro, "Tolerance of Hot, Wet Environment by Resting Men," <u>Journal Applied Physiology</u>, 56 (May, 1966), p. 271.

ขึ้นถึง 102.5° ฟ. และ/หรือ อัตราชีพจรที่เพิ่มขึ้นถึง 180 ครั้งต่อนาที ผลปรากฏว่า เวลาความอดทนขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ และผู้ที่มีความเคยชินต่อการทำงานในสภาพอากาศร้อน–แห้งมาก่อน ไม่ทำให้ความอดทนต่อการนั่งพักในสภาพอากาศร้อน–ชื้น เพิ่มขึ้นได้เลย

ในปี ค.ศ. 1971 ฮาโรลด์ บี ฟอลส์ และ แอล เดนนีส ฮัมฟรี[19] ได้ทำการศึกษาผลของการใช้น้ำเย็นต่อการผลิตความร้อน ในระหว่างการออกกำลังกาย โดยใช้ผู้ถูกทดลอง 6 คน ถีบจักรยานวัดงาน 59 นาที โดยถีบ 5 นาที พัก 1 นาที สลับกัน 10 ครั้ง ในสภาพอากาศ ตุ้มแห้ง 105° ฟ. และตุ้มเปียก 80° ฟ. ผู้ถูกทดลองคนหนึ่งต้องทำ 3 ครั้ง คือ (1) กลุ่มปกติ (2) เช็ดตัวด้วยน้ำเย็น (1° ซ.) ที่ท้องและศีรษะระหว่างพัก (3) อาบน้ำเย็น 14.8° ซ. ก่อนออกกำลัง 10 นาที และเช็ดตัวด้วยน้ำเย็นที่ท้องและศีรษะระหว่างพัก ผลปรากฏว่าอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิทวารหนัก และการหลั่งเหงื่อในการทดลองกลุ่ม (2) และ (3) น้อยกว่ากลุ่มที่ (1) ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 ยอมรับว่าการให้ความเย็นบางส่วนของร่างกาย จะช่วยลดความร้อน โดยทำให้ร่างกายสามารถกระจายความร้อนได้ดีขึ้น ผ้าเย็นที่ใช้เช็ดที่ท้องและศีรษะ ในระหว่างการทำงานจะช่วยให้ความเย็นแก่เลือด และช่วยนำความร้อนออกจากผิวหนัง การอาบน้ำก่อนออกกำลัง จะทำให้การนำความร้อนจากภายในร่างกายเร็วขึ้น

ในปี ค.ศ. 1972 อาเลน เดนนีส แคลร์มอนต์[20] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อการใช้พลังงานระหว่างการออกกำลังระยะยาว เป็นการทดลองเพื่อหา

---

[19]Harold B. Falls and L. Dennis Humphrey "Cold Water Application Effects on Responses to Heat Stress during Exercise," The Research Quarterly, 42 (February, 1971), pp. 23 - 28.

[20]Alan Denis Claremont, "The Effects of Temperature on Metabolism during Prolonged Exercise," Dissertation Abstract International, 35 (November, 1973), p. 6158 A.

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ระหว่างหนี้ออกซิเจน (O_2debt) และอุณหภูมิกาย ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการคืนสู่สภาพปกติของออกซิเจนทั้งหมด เนื่องมาจากการสะสมความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการออกกำลังกายในระยะเวลานาน โดยใช้นักศึกษาชายที่มีสุขภาพสมบูรณ์และแข็งแรงจำนวน 8 คน ออกกำลังระดับปานกลาง ที่อุณหภูมิ 0° ซ. และ 35° ซ. เพื่อดูว่าการคืนสู่สภาพปกติของสมรรถภาพการจับออกซิเจน เนื่องมาจากการเพิ่มอุณหภูมิกาย ตลอดการออกกำลัง และระยะคืนสู่สภาพปกติ วัดสิ่งต่อไปนี้คือ การใช้ออกซิเจน การหายใจ อุณหภูมิที่กล้ามเนื้อ ทวารหนักและผิวหนัง อัตราชีพจร กรดแลกติกในเลือด และชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการออกกำลัง ผลปรากฏว่า ในสภาวะอากาศทั้ง 2 อย่าง ในระยะคืนสู่สภาพปกติ การใช้ออกซิเจนของผู้ถูกทดลองทุกคนจะบกพร่องอย่างมากในตอนแรก และจะบกพร่องมากยิ่งขึ้นในสภาวะอากาศร้อน และทำให้อุณหภูมิกาย อัตราชีพจร การหายใจ กรดแลกติกในเลือด และการเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับการทำงานด้วย

ในปี พ.ศ. 2513 รัชนี ขวัญบุญจัน[21] ได้ทำการวิจัยการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนของโลหิต และการหายใจในขณะออกกำลัง และการกลับคืนสู่สภาพปกติภายหลังการออกกำลังกาย ในสภาพอากาศแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยใช้นิสิตชายที่มีสุขภาพแข็งแรง 8 คน ออกกำลังถีบจักรยานวัดงานในห้องที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่างกันจนกระทั่งผู้ถูกทดลองถีบต่อไปไม่ไหว บันทึกผลการตรวจร่างกายก่อนออกกำลัง และหลังออกกำลัง เกี่ยวกับอัตราชีพจร อัตราการหายใจ ความดันโลหิต และน้ำหนักตัว ผลปรากฏว่าในการออกกำลังกายในที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่าง ๆ กัน เมื่ออุณหภูมิและความชื้นสูงขึ้น อัตราการหายใจ และความดันโลหิตก่อนทำการทดลองต่างกันเพียงเล็กน้อยและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราชีพจรเร็วขึ้นในขณะออกกำลังกาย อัตราชีพจรและ

---

[21]รัชนี ขวัญบุญจัน, "การเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของโลหิต และการหายใจในขณะออกกำลังกาย และการกลับคืนสู่สภาพปกติภายหลังการออกกำลังกาย ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย 2513).

อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเร็วไปตามอุณหภูมิ และความชื้น ในอากาศเย็น ร้อนแห้ง และร้อนชื้นตามลำดับ ในระยะฟื้นตัว (6 นาที) อัตราการหายใจลดลงโดยไม่แตกต่างกันในทั้งสามอุณหภูมิ แต่ในอากาศร้อนชื้นอัตราชีพจรลดลงช้าที่สุด ในอากาศร้อนแห้งลดลงเร็วกว่า และในอากาศเย็นลดลงเร็วที่สุด ในนาทีที่ 1 ของระยะฟื้นตัว ความดันโลหิต และความดันชีพจรลดลงเร็วที่สุดในอากาศเย็น และช้าที่สุดในอากาศร้อนชื้น ในระยะฟื้นตัวในนาทีที่ 6 และที่ 12ความดันชีพจรไม่แตกต่างกัน ในทั้งสามสภาวะ ระยะออกกำลังและระยะฟื้นตัวในอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง เหงื่อออกมากกว่าในระยะเหมือนกันในอากาศเย็น และอากาศร้อนแห้ง

ในปี พ.ศ. 2515 เทพวาณี สนะพันธุ[22] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของอากาศ และเครื่องแต่งกาย ที่มีสมรรถภาพออกซิเจ็นระหว่างออกกำลังกาย โดยให้นิสิตชายที่มีสุขภาพสมบูรณ์ในระดับกลาง และเป็นผู้ที่ไม่มีโรคเกี่ยวกับหัวใจและปอดจำนวน 12 คน แต่งกาย 2 แบบ คือ แบบเปิด และแบบปิด ถีบจักรยานวัดงานในห้องที่มีอากาศแวดล้อมต่างกัน 4 แบบ คือ อุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % อุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % อุณหภูมิ 28° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % และอุณหภูมิ 28° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % บันทึกอัตราชีพจร ความดันเลือด อุณหภูมิผิวกาย ขณะออกกำลัง และหลังการออกกำลัง และน้ำหนักตัวก่อนและหลังออกกำลัง ผลการทดลองพบว่า อากาศปกติ (28° ซ.) เป็นอากาศที่เหมาะกับการออกกำลังมาก ร่างกายสามารถทำงานได้นานกว่า ได้ปริมาณงานมากกว่า และมีสมรรถภาพออกซิเจ็นสูงกว่าในอากาศร้อน (40° ซ.) และในทำนองเดียวกัน อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ปกติ (65 %) ก็เป็นอากาศที่เหมาะกับการออกกำลัง ร่างกายสามารถทำงานได้นานกว่า ได้ปริมาณงานมากกว่า และมีสมรรถภาพออกซิเจ็นสูงกว่าในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง (80 %) นอกจากนั้นยังพบว่า เครื่องแต่งกายแบบเปิดสบายให้

---

[22] เทพวาณี สนะพันธุ "อิทธิพลของอากาศ และเครื่องแต่งกายที่มีต่อสมรรถภาพออกซิเจ็น ระหว่างการออกกำลังกาย" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2515).

ร่างกายทำงานได้ปริมาณมากกว่าแบบปิด เกือบทุกสภาพอากาศแวดล้อม เว้นแต่ในอากาศร้อนชื้น ซึ่งเสื้อผ้าแบบปิดช่วยให้ร่างกายทำงานได้ปริมาณมากกว่าเล็กน้อย สำหรับสมรรถภาพออกซิเจนนั้น เครื่องแต่งกายไม่มีอิทธิพลแต่ประการใด

ในปีเดียวกัน อวย เกตุสิงห์ และคณะ[23] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการทำงานในเขตอากาศร้อนชื้น โดยให้นักกีฬาที่มีสมรรถภาพสมบูรณ์และแข็งแรงออกกำลัง 3 ระดับ คือ ระดับปานกลาง ประมาณ 50 % ของความสามารถ ระดับค่อนข้างหนัก ประมาณ 90 % และออกกำลังจนหมดแรงในสภาพอากาศแวดล้อม 3 แบบ คือ อากาศเย็น–แห้ง ร้อน–แห้ง และร้อน–ชื้น ผลปรากฏว่า

1. การทำงานระดับปานกลางในสภาพอากาศทั้ง 3 แบบแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย อากาศแวดล้อมมีอิทธิพลต่องานหนักมากกว่าการทำงานระดับปานกลาง

2. การทำงานหนักและค่อนข้างหนักมีความแตกต่างกันในสภาพอากาศเย็น–แห้ง ทำงานได้มากกว่า ร้อน–แห้ง และร้อน–ชื้น

3. ระยะคืนสู่สภาพปกติภายหลังการออกกำลังในอากาศร้อน–ชื้น ใช้เวลานานกว่าการออกกำลังในอากาศร้อน–แห้ง และ เย็น–แห้ง

4. ผลที่ได้จากการบันทึกอัตราชีพจร อุณหภูมิทวารหนัก และอัตราการหายใจ อาจจะเห็นได้ชัดในระยะคืนสู่สภาพปกติ คือ อัตราชีพจร และอุณหภูมิทวารหนัก ใช้เวลาคืนสู่สภาพปกติเกือบเท่ากัน และใช้เวลานานกว่าการคืนสู่สภาพปกติของการหายใจ

ในปี พ.ศ. 2516 ประพัฒน์ ลักษณพิสุทธิ์[24] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ออกซิเจนของร่างกาย ในขณะออกกำลังในอากาศร้อนแห้ง (อุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 55 %) และอากาศร้อนชื้น (อุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %) โดยให้

---

[23] Ouay Ketusinh and others, "Ergometry in Tropical Uimate," Internationales Seminar fur Ergometrie, (Berlin : 1972) pp. 34 - 40.

[24] ประพัฒน์ ลักษณพิสุทธิ์ "การเปรียบเทียบการใช้ออกซิเจนของร่างกายในขณะออกกำลังในอากาศร้อนแห้ง และร้อนชื้น" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย 2516).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิสิตชายที่มีสุขภาพสมบูรณ์จำนวน 8 คน ออกกำลังด้วยการถีบจักรยานวัดงาน ในอากาศแวดล้อมแต่ละแบบ เป็นเวลา 9 นาที ขณะถีบจักรยานวัดปริมาตรอากาศหายใจออก ในขณะออกกำลัง 3 ระยะ ๆ ละ 3 นาที มาวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ออกซิเจ็นและหาเปอร์เซนต์คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อคำนวณปริมาณการใช้ออกซิเจ็นในอากาศแวดล้อมทั้งสอง ผลปรากฏว่าปริมาณการใช้ออกซิเจ็นของร่างกายในขณะออกกำลังในอากาศร้อนแห้ง และร้อนชื้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .01) และจากการศึกษาเรื่องอื่น ๆ ปรากฏว่าในการออกกำลังในในอากาศร้อนชื้น อัตราการเต้นของชีพจร อุณหภูมิทวารหนัก และน้ำหนักตัวที่ลดลงมากกว่า แต่สมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดต่ำกว่าขณะออกกำลังในอากาศร้อนแห้งอย่างมีนัยสำคัญ (ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .01) สรุปได้ว่าในการออกกำลังหนักปานกลางเป็นเวลา 9 นาที ในอากาศร้อนแห้ง และร้อนชื้น ปริมาณการใช้ออกซิเจ็นของร่างกายไม่แตกต่างกัน แต่ข้อมูลอื่น ๆ เช่น อัตราการเต้นของชีพจร อุณหภูมิทวารหนัก การลดน้ำหนักตัว (ปริมาณการหลั่งเหงื่อ) แสดงว่าในอากาศร้อนชื้น ผู้ออกกำลังมีความเหน็ดเหนื่อยมากกว่า และมีสมรรถภาพในการทำงานน้อยกว่าในอากาศร้อนแห้ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิกาย ที่มีต่อความสามารถในการทำงาน

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อเปรียบเทียบอัตราชีพจร อุณหภูมิกาย ปริมาตรอากาศหายใจ และน้ำหนักตัว ก่อนและหลังการเพิ่มอุณหภูมิกาย ก่อนออกกำลัง

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณงานที่ทำได้ขณะออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติ และเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

3. เพื่อเปรียบเทียบอัตราชีพจรสูงสุดในการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติ และเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

4. เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิกายที่เพิ่มขึ้นสูงสุดในการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติ และเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

5. เพื่อเปรียบเทียบผลรวมของปริมาตรอากาศหายใจ เทียบกับงาน 100 วัตต์ ในการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติ และเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

6. เพื่อเปรียบเทียบเวลาการคืนสู่สภาพปกติของอัตราชีพจร ภายหลังการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติ และเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

7. เพื่อเปรียบเทียบเวลาการคืนสู่สภาพปกติของอุณหภูมิกาย ภายหลังการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติ และเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

8. เพื่อเปรียบเทียบเวลาการคืนสู่สภาพปกติของปริมาตรอากาศหายใจ ภายหลังการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติ และเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

9. เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักที่ลดลงภายหลังการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติและเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

10. เพื่อเปรียบเทียบเวลาการคืนสู่สภาพปกติของอัตราชีพจร อุณหภูมิทวารหนัก และปริมาตรอากาศหายใจ ภายหลังการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติ

11. เพื่อเปรียบเทียบเวลาการคืนสู่สภาพปกติของอัตราชีพจร อุณหภูมิทวารหนัก (ก่อนออกกำลังและก่อนเพิ่มอุณหภูมิ) และปริมาตรอากาศหายใจ ภายหลังการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

สมมุติฐานในการวิจัย

1. อุณหภูมิกายมีอิทธิพลต่อความสามารถในการทำงาน

2. การทำงานเมื่ออุณหภูมิกายปกติได้ปริมาณงานมากกว่าการทำงานเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

3. หลังการทำงานเมื่ออุณหภูมิกายปกติร่างกายคืนสู่สภาพปกติได้เร็วกว่าเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

4. การคืนสู่สภาพปกติของปริมาตรอากาศหายใจภายหลังการออกกำลังทั้งสองสภาพร่างกายใช้เวลาน้อยกว่าการคืนสู่สภาพปกติของอัตราชีพจร และอุณหภูมิกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิกายที่มีต่อความสามารถในการทำงาน โดยเปรียบเทียบปริมาณงานที่ได้จากการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติและเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

2. ศึกษาสภาพของร่างกายขณะออกกำลัง โดยเปรียบเทียบอัตราชีพจรสูงสุด อุณหภูมิทวารหนักที่เพิ่มขึ้น บริมาตรอากาศหายใจ และน้ำหนักตัวที่ลดลง

3. ศึกษาการคืนสู่สภาพปกติของร่างกาย ภายหลังการออกกำลัง โดยเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคืนสู่สภาพปกติของอัตราชีพจร อุณหภูมิทวารหนักและบริมาตรอากาศหายใจ ในการออกกำลัง เมื่ออุณหภูมิกายปกติและเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติ

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ใช้ปริมาณงานเป็นดัชนีชี้ความสามารถในการทำงาน

2. ใช้อัตราชีพจร อุณหภูมิทวารหนัก และบริมาตรอากาศหายใจ แสดงสภาพของร่างกายขณะออกกำลัง

3. ใช้เวลาการคืนสู่สภาพปกติของชีพจร อุณหภูมิทวารหนัก และบริมาตรอากาศหายใจ แสดงการคืนสู่สภาพปกติของร่างกาย

ความจำกัดของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างประชากรมีขนาดเล็ก อาจเป็นเหตุให้ผลของการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

2. ผู้ถูกทดลองอยู่ในสภาพที่มีการหายใจไม่เป็นธรรมชาติ คือ มีหน้ากาก (mask) ครอบทั้งปากและจมูก ทำให้รู้สึกผิดธรรมดา

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยบางอย่างมีส่วนประกอบหลายชิ้น และบางอย่างต้องประดิษฐ์ขึ้นเอง ด้วยคำแนะนำของศาสตราจารย์นายแพทย์อวย เกตุสิงห์ อาจทำให้ผลการวิจัยคลาดเคลื่อนได้เล็กน้อย

000741

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น และความกดอากาศแวดล้อม ที่ทำการวิจัยให้เหมือนกันทุกครั้งได้

5. ผู้ถูกทดลองแต่ละคนอาจมีความตั้งใจ และความพยายามในการออกกำลัง แตกต่างกัน ซึ่งอาจมีผลต่อการทดลองได้

คำจำกัดความในการวิจัย

ผู้ถูกทดลอง หมายถึง นิสิตชายที่มีสมรรถภาพทางกายดี และสมบูรณ์ ที่ได้จากการอาสาสมัคร จำนวน 9 คน จากแผนกวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

อุณหภูมิกาย หมายถึง อุณหภูมิภายในร่างกาย โดยวัดจากทวารหนัก

บริมาตรอากาศหายใจ หมายถึง ปริมาณของอากาศหายใจออก

ปริมาณงาน หมายถึง งานที่ทำได้มีหน่วยเป็นวัตต์

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อที่จะทำให้ทราบว่าอุณหภูมิกายมีอิทธิพลต่อความสามารถในการทำงาน เพียงใด

2. การวิจัยนี้เป็นแนวทางขั้นพื้นฐานของการวิจัยเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ สรีรวิทยาของการออกกำลังต่อไป

3. อาจนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ในการ ออกกำลัง การแข่งขันกีฬา และโรงงานอุตสาหกรรมได้