บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นที่ทราบกันดีว่าการพลศึกษามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ, เพราะการพัฒนาประเทศจะสำเร็จลงได้ด้วยอาศัยกำลังคนเป็นสำคัญ. ดังนั้นจึงต้องพัฒนากำลังคนควบคู่กันไปด้วยจึงจะได้ผล. การพลศึกษาช่วยพัฒนาคนทั้งในด้านร่างกาย, จิตใจ, อารมณ์, และสังคม. ผู้ที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมทางพลศึกษาส่วนมากจะเป็นผู้มีสุขภาพแข็งแรง, ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ, มีจิตใจสดชื่นร่าเริงแจ่มใส, มีใจคอมั่นคงหนักแน่น, มีน้ำใจเป็นนักกีฬา, มีอารมณ์ดีอยู่เสมอ, สามารถปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่นได้โดยง่าย

กีฬาเป็นกิจกรรมอย่างหนึ่งซึ่งมักถูกกล่าวควบคู่ไปกับคำว่า "พลศึกษา", ทั้งนี้เพราะกีฬาเป็นสื่อสำคัญที่จะนำไปสู่จุดหมายปลายทางของการพลศึกษา. ปัจจุบันการกีฬาได้รับความนิยมจากประชาชนมากขึ้นเป็นลำดับและมาตรฐานของกีฬาประเภทต่าง ๆ ก็สูงขึ้น, ทั้งนี้เพราะได้มีการนำเอาความรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาเข้ามาช่วยปรับปรุงวิธีการเล่นและการออกกำลังให้เหมาะสม. ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬาของไทยซึ่งเพิ่งได้รับการก่อตั้งขึ้นมาเพียง 6 ปี ก็ได้มีส่วนทำการศึกษาค้นคว้าและนำผลที่ได้มาปรับปรุงมาตรฐานการกีฬาของไทย.

ในการเล่นกีฬาหรือออกกำลังอื่น ๆ มีความร้อนเกิดขึ้นภายในร่างกาย เนื่องจากพลังงานที่ร่างกายใช้ไปเกือบทั้งหมด (ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างน้อย) ถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อน[1] ตามทฤษฎีแล้วความร้อนที่ผลิตขึ้นในขณะออกกำลังอย่างหนักภายในร่างกายในเวลา 1 ชั่วโมง ของบุคคลที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม, ถ้าหากไม่มีการระบายความร้อนออกไปเลย, สามารถเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายจาก 37 องศาเซ็นติเกรดเป็น 60 องศาเซ็นติเกรดได้[2] แต่เหตุการณ์เช่นนี้ย่อมไม่เกิดขึ้นกับคนหรือสัตว์เลือดอุ่นอื่น ๆ, เนื่องจากร่างกายมีศูนย์

---

[1] Per-Olof Astrand and Kaare Rodahl, "Temperature Regulation," Textbook of Work Physiology. (New York:McGraw-Hill,Inc.,1970),p.495.

[2] Loc.cit.

ควบคุมดุลย์ความร้อนในร่างกายให้อยู่ในอุณหภูมิที่จำกัด. ไม่ว่าจะอยู่ในอุณหภูมิแวดล้อมเท่าใด, ร่างกายก็สามารถปรับอุณหภูมิของร่างกายให้อยู่ประมาณ 38 องศาเซ็นติเกรด, ซึ่งเป็นขีดอุณหภูมิที่ดีที่สุดของสัตว์เลือดอุ่น[3] ถ้าอุณหภูมิของร่างกายสูงหรือต่ำเกินไปมีอันตรายถึงแก่ชีวิตได้. ศูนย์ควบคุมดุลย์ความร้อนของร่างกายอยู่ในสมองส่วนที่เรียกว่า "ไฮโปธาลามัส" (Hypothalamus) ซึ่งอยู่ในสมองใหญ่ (cerebrum) จากไฮโปธาลามัสมีเส้นประสาทไปยังผิวหนังเพื่อรับความรู้สึกจากความร้อนหรือเย็น, ปลายรับความรู้สึกนี้ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและไวต่อการปรับตัว. ไฮโปธาลามัสสั่งให้ร่างกายมีการปรับตัว[4] เช่น ถ้าอุณหภูมิผิวกายต่ำลงร่างกายก็เพิ่มอัตราการใช้พลังงาน (metabolic rate) ของร่างกายขึ้น และมีกระแสประสาทไปยังหลอดเลือดในกล้ามเนื้อเรียบและที่ผิวหนังให้มีการหดตัว (vasoconstriction) ถ้าอุณหภูมิในร่างกายสูงเกินไป, กระแสประสาทจากไฮโปธาลามัสส่วนหน้าจะสั่งให้หลอดเลือดที่ผิวหนังขยายตัว, เพื่อนำเอาความร้อนจากภายในร่างกายมาระบายออกทางผิวกาย, จึงทำให้อุณหภูมิผิวกายสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิผิวกายสูงขึ้นก็มีกระแสประสาทสั่งให้ต่อมเหงื่อทำงานผลิตเหงื่อเพื่อการระเหยซึ่งทำให้ผิวหนังเย็นลง. ดังนั้นเมื่อมีการออกกำลังอย่างหนัก, เช่น เล่นกีฬา, ย่อมมีความร้อนเกิดขึ้นภายในร่างกายมาก. ถ้าร่างกายไม่มีการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายก็อาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้. เพื่อรักษาดุลย์ความร้อนของร่างกายให้อยู่ในอุณหภูมิที่พอเหมาะกับการดำรงชีวิต, ร่างกายจึงมีวิธีถ่ายเทความร้อนหลายวิธีด้วยกัน คือ การระเหย (evaporation), การพาความร้อน (convection), การนำความร้อน (conduction), และการแผ่รังสี (radiation), ร่างกายระบายความร้อนตามวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ได้โดย 1) การขยายหลอดเลือดที่บริเวณผิวกาย 2) การหลั่งเหงื่อ และ 3) การระบายออกกับลมหายใจ.

---

[3] Ibid p. 491.

[4] Ibid p. 505.

ในบางกรณีร่างกายไม่สามารถปรับตัวหรือระบายความร้อนได้เร็วพอ, ถ้าอุณหภูมิภายในส่วนลึกของร่างกายขึ้นสูงกว่า 38 องศาเซ็นติเกรด, ร่างกายจะไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ, และอาจมีอาการไม่สบายต่าง ๆ เกิดขึ้น, เช่น เป็นลม (heat syncope) มีอาการเวียนศีรษะ รู้สึกอึดอัด[5] อุณหภูมิในร่างกายจะอยู่ระหว่าง 38-40 องศาเซ็นติเกรด, มักจะเป็นกับบุคคลที่ไม่เคยชินกับอากาศ[6]ร้อน ถ้าอุณหภูมิในร่างกายขึ้นถึง 41 องศาเซ็นติเกรด ก็จะหมดสติ (heatstroke or hyperpyrexia) ร่างกายจะหยุดหลั่งเหงื่อ[7] อาจถึงแก่ความตายได้.

การระบายความร้อนออกจากร่างกายมีความสำคัญมากขึ้นในการออกกำลังกายอย่างหนักของนักกีฬาหรือบุคคลในบางอาชีพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานในที่ ๆ มีอุณหภูมิสูงซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าเมื่อร่างกายใช้พลังงานมากก็ย่อมมีความร้อนเกิดขึ้นมาก ซึ่งหมายความว่าร่างกายจำเป็นจะต้องหาทางถ่ายเทความร้อนนั้นออกไปโดยเร็วเพื่อให้ร่างกายอยู่ในสภาพปกติและสามารถทำงานต่อไปได้อย่างดี มีปัจจัยบางอย่างเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายมากทำให้การระเหยและการพาความร้อนไม่ได้ผลดีเท่าที่ควรหรือไม่ได้เลย สิ่งนั้นได้แก่อากาศร้อนชื้น หรืออากาศในแถบมรสุม เช่น ในประเทศไทย. ในอากาศร้อนการระเหยของเหงื่อที่ผิวหนังสำคัญมาก, เพราะช่วยให้ผิวหนังเย็นลงและร่างกายสามารถระบายความร้อนได้เร็วขึ้น, ในขณะซึ่งการระบายความร้อนโดยวิธีอื่น (การพาความร้อน การนำ

---

[5]R.Goldsmith, "Temperature Control and Environment," The Practitioner, 198 (1967), 653.

[6]William S.S.Ladell, "Terrestrial Animals in Humid Heat: Man," Handbook of Physiology - Adaptation to the Environment, Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1964) p.648.

[7]Ibid, p. 649.

ความร้อนและการแผ่รังสีทำให้เย็นไม่ได้ แต่เมื่ออากาศเกือบอิ่มตัวหรืออิ่มตัวด้วยไอน้ำ, การถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายด้วยการระเหยจึงทำได้จำกัดหรืออาจทำไม่ได้เลย. แต่ความสามารถในการหลั่งเหงื่อจะยังคงสูงอยู่. ดังนั้นการระบายความร้อนออกจากร่างกายในอากาศร้อนชื้นจึงต้องใช้ทุกวิธี, คือ การขยายหลอดเลือดที่ผิวหนังและการหลั่งเหงื่อ[8] และการหายใจออก, จึงจะช่วยให้ร่างกายสามารถออกกำลังต่อไปได้อีกนาน.

เสื้อผ้าเป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการระบายความร้อนออกจากร่างกายอีกประการหนึ่ง ทำให้การระบายความร้อนของร่างกายเป็นไปได้ช้ามาก[9] โดยปกติแล้วเสื้อผ้าเป็นเครื่องแสดงถึงความเป็นอารยชน, แสดงถึงวัฒนธรรมประจำชาติ, และลักษณะภูมิอากาศได้เป็นอย่างดี. ในประเทศร้อนส่วนมากจะใช้เสื้อผ้าชนิดที่บางเบา, มีน้อยชิ้น, และเป็นชนิดที่หลวม ๆ. เจ.เอ็ม.แอดัม[10] (J.M. Adam) และวิลเลียมส์ เอส.เอส.ลาเดล[11] (William S.S. Ladell) ได้กล่าวไว้ว่าเสื้อผ้าที่เหมาะกับอากาศร้อนชื้น, ควรเป็นเสื้อผ้าหลวม ๆ, มีน้อยชิ้นที่สุดเท่าที่จะทำได้, ปล่อยให้อากาศผ่านเข้าไป, เพื่อพาความเย็นไปสู่ผิวกาย, และเพื่อการระเหยที่ดีของเหงื่อ ดังนั้นในการออกกำลังในที่มีอากาศร้อนจึงไม่ควรใช้เสื้อผ้าที่หนาทับ และ ปกปิดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมาก ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้มีการระเหยและการพาความร้อนออกจากร่างกายได้โดยสะดวก การใช้เสื้อผ้าที่ไม่ถูกต้อง, เช่น ปกปิดร่างกายมากเกินไป, อาจทำให้สมรรถภาพตกต่ำเพราะร่างกายระบายความร้อนไม่ทัน.

---

[8] C.H.Wyndham and others, "Examination of Use of Heat Exchange Equations for Determining Changes in Body Temperature," Journal of Applied Physiology, 5 (1952), 299-307.

[9] Per-Olof Astrand and Kaare Rodahl, "Temperature Regulation," Textbook of Work Physiology, New York: McGraw-Hill, Inc., 1970.

[10] J.M.Adam, "Climate and Clothing," The Practitioner, 198(1967), 645-50.

[11] Ladell, op.cit. p. 650.

อากาศแวดล้อมและเสื้อผ้ามีอิทธิพลต่อการระบายความร้อนออกจากร่างกายมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกกำลังอย่างหนักในการเล่นกีฬาหรือทำงานบางประเภท, การระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ดีและเร็วเพียงใดย่อมเป็นผลดีต่อการออกกำลังนั้น ๆ เป็นอย่างมาก. นอกจากนั้นอากาศแวดล้อมและเสื้อผ้าอาจจะมีอิทธิพลต่อสมรรถภาพการทำงานของร่างกายแตกต่างกัน ในการที่จะปรับปรุงมาตรฐานการกีฬาของประเทศไทยให้ดีขึ้นนั้นควรจะได้คำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ด้วย เพราะอิทธิพลเพียงเล็กน้อยอาจมีผลก่อให้เกิดความแตกต่างในผลที่ได้รับมาก ความแตกต่างในผลที่ได้รับแม้แต่เพียงเล็กน้อยก็อาจมีผลต่อมาตรฐานของการกีฬาของประเทศไทยตลอดจนการแพ้หรือชนะด้วย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงใคร่จะทำการศึกษาเรื่องอิทธิพลของอากาศแวดล้อมและเครื่องแต่งกายต่อสมรรถภาพออกซิย์เจ็นในขณะออกกำลัง.

การทบทวนเอกสารวิชาการเกี่ยวกับการวิจัย

ผู้วิจัยได้สำรวจการวิจัยอื่นที่ได้ทำมาแล้วเพื่อศึกษาดูว่ามีเรื่องใดบ้างที่จะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งก็มีการวิจัยหลายเรื่องเกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้

ในปี ก.ศ.1914 ซี.เทย์เลอร์[12] (C. Taylor) ได้ทำการศึกษาสรีรวิทยาเกี่ยวกับการออกกำลังโดยใช้ลูกกล (treadmill), เขาพบว่าการเพิ่มงาน (load) โดยการเพิ่มความเร็วของลูกลขึ้นเรื่อย ๆ ไม่สามารถหาสมรรถภาพออกซิย์เจ็นที่คงที่ได้, ถ้าในระหว่างการวิ่งนั้นได้มีการเพิ่มความเร็วหรือความชันทุก ๆ นาทีจนกระทั่งผู้ถูกทดลองหมดแรง, ก็ไม่สามารถหาสมรรถภาพออกซิย์เจ็นสูงสุดได้.

---

[12] C.Taylor, "Study in Exercise Physiology," American Journal Physiology, 135 (1914), 27-42.

ในปี ค.ศ.1931 ดี.บี.ดิลล์ และคณะ[13] (D.B.Dill, and others) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานกับอากาศแวดล้อม, โดยให้ผู้เข้าทดสอบออกกำลังทำงานในปริมาณที่เท่ากันภายในห้องที่ปรับอากาศร้อนและเย็นได้. เขาพบว่าในการออกกำลังในห้องร้อน ปริมาณโลหิตที่หัวใจสูบฉีดใน 1 นาที เพิ่มขึ้นมากกว่าการออกกำลังกายในห้องเย็น (จาก 1 ลิตร เป็น 4 ลิตร หรือมากกว่านั้น)

ในปี ค.ศ.1944 จี.ซี.พิทซ์, อาร์.อี.จอห์นสัน, และ เอฟ.ซี. โคโนลาซิโอ[14] (G.C.Pitts, R.E. Johnson, and F.C. Conolazio) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการดื่มน้ำระหว่างการออกกำลังในที่ ๆ มีอากาศร้อน (อุณหภูมิ 38 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 35-45 %) โดยให้ผู้ถูกทดลอง, ซึ่งเคยชินกับอากาศร้อน, เดินขึ้นบนทางลาด 2.5 %ด้วยความเร็ว 3.5 ไมล์ต่อชั่วโมง, หยุดพักทุกครึ่งชั่วโมง. ปรากฏว่าผู้ทดลองที่เดินโดยไม่ดื่มน้ำเลยมีอุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 39 °ซ.และเหนื่อยเร็ว, ผู้ทดลองที่ได้ดื่มน้ำตามต้องการมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อยและสามารถเดินได้อย่างสบาย. แต่ถ้าให้ดื่มน้ำเท่ากับเหงื่อที่จะต้องสูญเสียไปจะสามารถเดินได้ดี, และอุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย.

ในปี ค.ศ.1945 ซี.แอล.เทย์เลอร์[15](C.L.Taylor) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความอดทนในการทำงานขนาดปานกลางในอากาศร้อนชื้น,และร้อนแห้ง. ผลปรากฏว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 62.8 °ซ.ความชื้น 10 % ร่างกายสามารถทำงานได้นานถึง 1ชั่วโมง แต่ถ้าความชื้นของอากาศสูง 90 % ร่างกายสามารถทำงานได้ในอุณหภูมิร้อนเพียง 40 °ซ.

---

[13]D.B.Dill, and others, "Physical Performance in Relation to External Temperature," Physiology of Muscular Activity, (Philadelphia and London: W.B.Saunders Company, 1966) p.213.

[14]G.C.Pitts, R.E. Johnson, and F.C.Conolazio, "Work in Heart as Affected by the Intake of Water, Salt and Glucose," Physiology of Exercise (Saint Louis : The C.V.Mosby Company, 1967) p.

[15]Loc.cit.

ในปี ค.ศ.1955 แอล บรูฮา[16] (L.Brouha) ได้ศึกษาการทำงานของคนงานในอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่างกัน (D.B.=26.5 °C, R.H. = 60 %, D.B.= 33.5 °C, R.H.=65 %, D.B. = 35 °C, R.H.= 90%) ปรากฏว่าเมื่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศสูงขึ้น, อัตราชีพจรทั้งในระยะพัก, ระยะออกกำลัง, และระยะฟื้นตัวสูงขึ้น อัตราชีพจรในระยะฟื้นตัวของอุณหภูมิ 33-35 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65-69 % ไม่กลับสู่สภาพปกติ แม้ว่าจะพักนานเกินกว่า 45 นาที.

ในปี ค.ศ.1960 แอล บรูฮา[17] (L.Brouha) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้หมดไป (oxygen consumption), เขาให้ผู้ถูกทดลองซึ่งเป็นชาย 6 คนออกกำลังปานกลาง,(submaximal work) ในอุณหภูมิปกติคือ 30 °ซ., ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %. โดยผู้ถูกทดลองถีบจักรยานวัดงาน (bicycle ergometer) เป็นเวลา 30 นาที, แล้วถีบต่อไปอีก 4 นาทีด้วยปริมาณงานที่สูงสุด (maximum work). เขาพบว่าอัตราการเต้นของชีพจรกลับสู่สภาพปกติได้ช้ากว่าปริมาตรออกซิเจนที่ร่างกายจับไว้ (oxygen intake) แม้ว่าปริมาณการใช้ออกซิเจนในร่างกายจะเข้าสู่ระดับปกติแล้ว อัตราการเต้นของหัวใจยังคงสูงกว่าปกติ, หลังจากหยุดออกกำลังปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้หมดไป (oxygen consumption) กลับคืนสู่สภาพปกติอย่างรวดเร็ว. แต่ในระยะ 1 ชั่วโมงอัตราการเต้นของหัวใจยังไม่กลับคืนสู่สภาพปกติ

ในปี ค.ศ.1961 เพอร์ โอลอฟ ออสตรานด์ และเบงท์ ซาลติน[18] (Per-Olof Astrand and Bengt Saltin) ได้ทำการศึกษาเรื่องสมรรถภาพออกซิเจน

---

[16] L.Brouha, "Protecting the Worker in Hot Environment," Physiology of Muscular Activity, (Philadelphia and London:W.B.Saunders Company, 1966) p.215.

[17] Ibid., p.172.

[18] Per-Olof Astrand and Bengt Saltin, "Maximal Oxygen Uptake and Heart Rate in Various Types of Muscular Activity," Journal of Applied Physiology, 16 (1961), 977-981.

สูงสุดและอัตราการเต้นของหัวใจในการออกกำลังของกล้ามเนื้อหลาย ๆ แบบ โดยให้ผู้ถูกทดลอง 7 คน ทำงานจนถึงขั้นสูงสุด 7 อย่าง ซึ่งได้แก่ ก) ถีบจักรยานวัดงาน ในท่านั่ง ข) ถีบจักรยานวัดงานในท่านอนหงาย ค) ทั้งถีบและหมุนจักรยานวัดงานด้วยเท้าและมือในขณะเดียวกัน ง) วิ่งบนลู่กล (treadmill) จ) เล่นสกี (skiing) ฉ) ว่ายน้ำ ช) ใช้มือหมุนข้อเหวี่ยง (cranking) ผู้วิจัยพบว่าสมรรถภาพออกซิเจ็นสูงสุด(VO_2) ของการวิ่งบนลู่กล สูงกว่าการถีบจักรยาน (ในข้อ ก), การที่ทั้งถีบและหมุน (ในข้อ ค) และการเล่นสกี. อัตราการเต้นของหัวใจของทั้งข้อ ก,ค,ง และ จ เหมือนกัน การถีบจักรยานวัดงานในท่านอนหงาย (ข) จะให้สมรรถภาพออกซิเจ็นสูงสุด (VO_2) ต่ำกว่าการถีบจักรยานในท่านั่ง (ก) ประมาณ 15 % ส่วนการว่ายน้ำสมรรถภาพออกซิเจ็นสูงสุดจะลดลง. การหมุนด้วยมืออย่างเดียวค่าสมรรถภาพออกซิเจ็นเท่ากับ 70 % ของสมรรถภาพออกซิเจ็นสูงสุดในขณะถีบจักรยาน (ก). ผู้วิจัยสรุปว่า สมรรถภาพออกซิเจ็นและอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเหมือนกันในการวิ่งอย่างหนักเต็มที่หรือถีบจักรยานหนักเต็มที่ หรือในบุคคลที่ได้รับการฝึกซ้อมมาเป็นอย่างดี

ในปี ค.ศ.1963 บรูฮา,ลูเซี่ยน และคณะ[19] (Brouha, Lucien and others) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอัตราชีพจรและการใช้ออกซิเจ็นระหว่างการทำงานในที่ร้อน เขาพบว่าโดยทั่วไปการใช้ออกซิเจ็นในภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เท่ากัน การทำงานในที่ร้อนอัตราชีพจรไม่สามารถขึ้นถึงภาวะคงตัว (steady state) อัตราชีพจรจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่การใช้ออกซิเจ็นอยู่ในระดับคงที่ ซึ่งแสดงว่าการทำงานในที่ร้อนอัตราชีพจรจะแสดงให้เห็นผลต่างได้ดีกว่าการใช้ออกซิเจ็น

ในปีเดียวกัน คอนโซลาซิโอ และคณะ[20] (C. Frank Consolazio and others)

---

[19] Brouha, Lucien and others, "Discrepancy Between Heart Rate and Oxygen Consumption During Work in the Warmth," The Research Quarterly, (1964), 1096-98.

[20] C. Frank Consolazio and others, "Environmental Temperature and Energy Expenditures, The Research Quarterly (1964) pp.65-68.

ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิแวดล้อมและการใช้พลังงาน โดยศึกษาในอุณหภูมิ 70 °ฟ. 85 °ฟ, และ 100 °ฟ. ตามลำดับ. ความชื้นสัมพัทธ์ 30 % ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 100 °ฟ. อุณหภูมิของร่างกายจะสูงกว่าในอุณหภูมิแวดล้อมอื่น ๆ ทั้งในขณะพักและทำงาน, พลังงานที่ใช้ในภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เพิ่มขึ้นประมาณ 12 % ในแต่ละอุณหภูมิ, และภายหลังเมื่อเคยชินกับอากาศร้อนแล้วผลที่ได้ก็ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง

ในปี ค.ศ.1964 ที.สแตรนเดล[21] (T. Strandell) ได้ทำการศึกษาเรื่องการไหลเวียนของโลหิต ขณะออกกำลังกายของชายชราที่มีสุขภาพสมบูรณ์ โดยให้ผู้ถูกทดลองถีบจักรยานวัดงาน ซึ่งเริ่มต้นจาก 300 กิโลปอนด์มีเตอร์ต่อนาที (300 kpm/min.) และเพิ่มอีก 300 กิโลปอนด์มีเตอร์ ทุก ๆ 6 นาที จนกว่าผู้ถูกทดลองจะหมดแรง ในระหว่างนั้นได้ทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ, การหายใจ, และคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ผลปรากฏว่าความสามารถสูงสุดในการทำงาน (maximum work capacity) และอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (maximum heart rate) ขณะออกกำลังลดลง. นอกจากนี้ปริมาตรการสูบฉีดโลหิตของหัวใจ (cardiac out - put) ทั้งในขณะพักและขณะออกกำลังก็ลดลงด้วย.

ในปี ค.ศ.1965 จอห์น ดับเบิลยู การ์เดนและคณะ[22] (John W. Garden and Others) ได้ทำการศึกษาเรื่องความเคยชินต่ออากาศร้อนชื้นของชายฉกรรจ์ที่มีสุขภาพสมบูรณ์, โดยให้ชายฉกรรจ์จำนวน 38 คน, ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม, ออกกำลังเดินบนลู่กลที่มีความเร็ว 3.5 ไมล์ต่อชั่วโมง, ประจำทุกวัน ๆ ละ 1, 1 $\frac{2}{3}$ และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ, เป็นเวลา 2 สัปดาห์. การทดลองนี้กระทำในห้องซึ่งมีอุณหภูมิ 98 °ฟ. และความชื้นสัมพัทธ์ 74 % (98 °F dry bulb, 90 °F wet bulb) ได้มีการวัดอุณหภูมิทวารหนัก, อัตราการเต้นของหัวใจ,

---

[21] T. Strandell, "Circulation During Exercise in Healthy Old Man," International Research in Sport and Physical Education, (Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, Publisher, 1964) p.350.

[22] John W. Garden, and others, "Acclimatization of Healthy Young Adult Males to a Hot-Wet Environment," Journal of Applied Physiology, 21 (1966), 665-669.

การสูญเสียเหงื่อ, และอีเล็คโทรไลท์ของเหงื่อ (sweat electrolyte) เขาพบว่าการออกกำลังวันละ 1 $\frac{2}{3}$ และ 2 ชั่วโมงทุกวัน, ผู้ถูกทดลองมีความเคยชินอากาศขึ้น สำหรับการออกกำลังวันละ 1 ชั่วโมงทุกวัน มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการสูญเสียเหงื่อและอีเลคโทรไลท์ของเหงื่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราการเต้นของหัวใจ, และอุณหภูมิของร่างกายไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ในปี ค.ศ.1966 โอ.จี. เอ็ดโฮล์ม[23](O.G.Edholm) ได้ทำการวิจัยการสนองตอบของคนอินเดียซึ่งเคยชินกับอากาศร้อนชื้นต่อสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูง (40 °C dry bulb, 32 °C wet bulb) โดยทดลองเปรียบเทียบกับคนอังกฤษที่มีขนาดและรูปร่างคล้ายคนอินเดีย. เขาพบว่าในขณะออกกำลังเท่า ๆ กัน อุณหภูมิร่างกายของคนอินเดียต่ำกว่าคนอังกฤษ, อัตราสูญเสียเหงื่อมากกว่า, แต่อัตราชีพจรต่ำกว่า.

ในปีเดียวกัน เค.ซี.สินฮา และคณะ[24] (K.C. Sinha and others) ได้ทำการทดลองเพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงของความดันเลือดในขณะที่อยู่ในที่ ๆ มีอุณหภูมิต่าง ๆ กัน โดยใช้ชาย 15 คน อยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ, เขาพบว่าเมื่ออยู่ในที่ ๆ มีอุณหภูมิสูงขึ้น, อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น, ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (ความดันเลือดซิยส์โตลิค) สูงขึ้น, ความดันโลหิตขณะหัวใจหย่อนตัว (ความดันเลือดไดแอสโตลิค) สูงขึ้น, ความดันเลือดทั้งสองอย่างเริ่มลดลงหลังจาก 15 นาทีผ่านไป,และความดันชีพจรจะสูงขึ้น.

ในปีเดียวกัน ราบินดรา นาธ เซ็น[25] (Rabindra Nath Sen) ได้คำนวณหาปริมาณความอดทนในการทำงานของกรรมกรชาย 26 คน ในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะที่

---

[23]O.G.Edholm, "Acclimatization to Heat in a Group of Indian Subjects," Human Adaptability to Environment and Physical Fitness. (Madras-3 Vepart Press Madras -1 (1966) pp.20-25.

[24]K.C.Sinha, and others, "Observation on the Blood Pressure Changes During Short Term Heat Exposure," Human Adaptability to Environments and Physical Fitness, (Madras-3: Vepery Press Madras-7, 1966. pp.44-5).

[25]loc.cit.

มีอากาศร้อนแห้ง, และกรรมกร 63 คน ในโรงงานอุตสาหกรรมทอผ้าซึ่งมีอากาศร้อนชื้น โดยศึกษาอัตราชีพจร, ความดันโลหิต, อุณหภูมิภายในปาก, อุณหภูมิผิวกาย, และการใช้ออกซิเจน. เขาพบว่ากรรมกรที่ทำงานในโรงงานที่มีอากาศร้อนแห้งสามารถทำงานติดต่อกันได้นานกว่ากรรมกรในโรงงานที่มีอากาศร้อนชื้น.

ในปีเดียวกัน เอม.เค.จักคราบอรตี[26] (M.K.Chackraborty) และเอ.อาร์.กูฮา รอย[26] (A.R.Guha Roy) ได้ศึกษาสมรรถภาพการจับออกซิเจนของกรรมกรอินเดีย โดยวิธีให้ออกกำลังถีบจักรยานและออกกำลังใช้มือหมุนข้อเหวี่ยง (cranking) แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการวิจัยของโรดาห์ล (Rohahl) ซึ่งทำการวิจัยสมรรถภาพออกซิเจนของกรรมกรสวีเดน, อเมริกัน, และเยอรมัน ผลที่ได้แสดงว่าโดยเฉลี่ยกรรมกรชาวอินเดียมีสมรรถภาพออกซิเจนต่ำกว่ากรรมกรของประเทศตะวันตก.

ในปีเดียวกัน เค.พี.เวียนแมน และคณะ[27] (K.P.Wienman and others) ได้ศึกษาเรื่องปฏิกริยาตอบสนองต่อสภาพอากาศร้อนชื้นของหญิงและชาย (33.9 °C D.B.; 32.2 °C W.B.; ความชื้นสัมพัทธ์ 88 %). โดยเปรียบเทียบการหลั่งเหงื่อ, อุณหภูมิผิวกายและทวารหนัก, อัตราชีพจร, ความดันเลือด, และอัตราการใช้พลังงาน(metabolic rate). ผลที่ได้ปรากฏว่าอุณหภูมิทวารหนักของชายเพิ่มขึ้นน้อยกว่าหญิงและมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ, การหลั่งเหงื่อของชายมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, อัตราชีพจรของหญิงมีแนวโน้มที่จะถึงจุดสูงสุดภายใน 2 ชั่วโมงซึ่งต่างจากชาย, ความดันเลือด, อุณหภูมิผิวกายและความร้อนที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

---

[26] M.K. Chackraborty, and A.R.Guha Roy, "Aerobic Working Capacity of Indian Miners, "Human Adaptability to Environments and Physical Fitness,(Madras-3: Vepery Press Madras-7, 1966), pp.107-119.

[27] K.P. Weinman, and others, "Reactions of Men and Women to Repeated Exposure to Humid Heat," Journal of Applied Physiology, 22 (3) : 533-538. (1967).

ในปีเดียวกัน อาร์.ดับเบิลยู.พิวอนกา และ ซิด โรบินสัน[28] (R.W.Piwonka and Sid Robinson) ได้ทดลองให้นักกีฬาที่ได้รับการฝึกอย่างดีในภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (40 °C D.B.;23.5 °C W.B.) จนเกิดความเคยชินกับการทำงานในอุณหภูมิดังกล่าวเป็นระยะเวลา 1 ปี หลังจากนั้นจึงให้ฝึกในอุณหภูมิที่สูงขึ้น(50 °C D.B.; 28 °C W.B.) โดยจัดให้ฝึกทุกวันแต่ปริมาณงานเท่าเดิม. เขาพบว่าในครั้งแรกอุณหภูมิของร่างกายและอัตราชีพจรสูงขึ้น, ความอดทนต่อความร้อนดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันต่อ ๆ มา, การปรับตัวเพื่อให้เคยชินกับความร้อนโดยส่วนใหญ่จะมีการเพิ่มปริมาณเลือดใต้ผิวหนัง, และการหลั่งเหงื่อเพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มของอุณหภูมิที่ทวารหนัก.

ในปีเดียวกัน ซี.เอช.วินด์แฮม[29] (C.H.Wyndham) ได้ศึกษาเรื่องผลของความเคยชินที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างการหลั่งเหงื่อและอุณหภูมิทวารหนัก โดยให้ผู้ถูกทดลองชาวบันตู (Bantu) ที่เคยชินกับภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์อิ่มตัวกลุ่มหนึ่ง, ออกกำลังก้าวขึ้นลงม้านั่งที่มีความสูงระดับต่าง ๆ นำผลไปเปรียบเทียบกับชาวบันตูอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งไม่เคยชินกับภาวะอากาศดังกล่าว เขาพบว่าอุณหภูมิทวารหนักกับอัตราการหลั่งเหงื่อของทั้งสองพวกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่คุ้นเคยกับอากาศมีอัตราการหลั่งเหงื่อมากกว่า เขาสรุปไว้ว่าศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย(Hypothalamus) มีความไว (sensitivity)และมีสมรรถภาพเพิ่มขึ้น โดยดูจากการหลั่งเหงื่อที่มากขึ้นเพื่อปรับอุณหภูมิของร่างกาย

ในปีเดียวกัน ที.มอริโมโตและคณะ[30] (T.Morimoto,and others) ได้ทำ

---

[28] R.W.Piwonka and Sid Robinson, "Acclimatization of Highly Trained Men to Work in Severe Heat," Journal of Applied Physiology, 22(1) : 9-12. (1967).

[29] C.H.Wyndham, "Effect of Acclimatization on the Sweat Rate/ Rectal Temperature Relationship," Journal of Applied Physiology, 22 (1) : 27-30. 1967.

[30] Lars Hermansen and Bengt Saltin, "Oxygen Uptake During Maximal Treadmill and Bicycle Exercise," Journal of Applied Physiology, 26(1969), 31-37.

การศึกษาเรื่องความแตกต่างของการสนองตอบต่อความร้อนในระหว่างเพศ. ผู้ถูกทดลองกลุ่มหนึ่งเป็นหญิง 13 คน อายุ 18-23 ปี, อีกกลุ่มหนึ่งเป็นชาย 13 คน มีอายุอยู่ระหว่าง 17-32 ปี. เขาให้ผู้ถูกทดลองออกกำลังในห้องที่มีอากาศร้อนแห้งและร้อนชื้น. แล้วเปรียบเทียบอัตราการหลั่งเหงื่อทั่วร่างกาย, และเฉพาะแห่ง ที่ท่อนแขนล่าง (forearm) ความเข้มของคลอไรด์ในเหงื่อ, อุณหภูมิผิวกายและทวารหนัก, ความดันเลือด, อัตราชีพจร, และปริมาณการใช้พลังงานในร่างกาย (respiratory metabolism) คณะวิจัยพบว่า อัตราการหลั่งเหงื่อทั้งในอากาศร้อนชื้นและร้อนแห้งของชายสูงกว่าหญิงอย่างมีนัยสำคัญ, แต่ในอากาศร้อนแห้งการหลั่งเหงื่อของทั้งชายและหญิงลดลง. เมื่อเพิ่มความร้อนขึ้นความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัวของหญิงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย, แต่ความดันขณะหัวใจคลายตัวของชายลดลงมากกว่าหญิง, ปริมาณความร้อนภายในร่างกายของหญิงต่ำกว่าชาย และเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณงานและความร้อนของอากาศ. นอกจากนั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. และจากการตรวจสอบความเข้มข้นของคลอไรด์ในเหงื่อ พบว่าไม่มีการปรับตัวทั้งเพศชายและหญิง

ในปี ค.ศ.1967 เบงท์ ซาลติน และเพอร์ โอลอฟ ออสตรานด์[31] (Bengt Saltin and Per - Olof Astrand) ได้ทำการศึกษาเรื่องสมรรถภาพออกซิย์เจ็นสูงสุดของนักกีฬา. โดยเลือกผู้ถูกทดลองจากนักกีฬาทีมชาติของสวีเดน. เป็นชาย 95 คน และหญิง 38 คน, ให้ผู้ถูกทดลองวิ่งบนลู่กล และถีบจักรยานวัดงานเพื่อดูสมรรถภาพออกซิย์เจ็นสูงสุด. ผู้วิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพออกซิย์เจ็นสูงสุดของชาย 15 คน ที่มีค่าสูงสุด คือ 5.75 ลิตร/นาที, แต่ค่าสูงสุดของผู้ถูกทดลองบางคนสูงถึง 6.17 ลิตร/นาที. ค่าเฉลี่ยของการระบายอากาศหายใจสูงสุด (maximal pulmonary ventilation) คือ158.7 (140.0-203.3) ลิตร/นาที, และค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจคือ 185 ครั้ง/นาที.

---

[31]Bengt Saltin, and Per Olof Astrand, "Maximal Oxygen Uptake in Athletes," Journal of Applied Physiology, 23 (1967), 353-358.

ทีมนักกีฬาสกีระยะไกล (cross country skiers) 5 คน มีสมรรถภาพออกซิเจนสูงสุดคือ 83 มล./กก./นาที (5.6 ลิตร/นาที), และค่าสูงสุดเป็นรายบุคคลได้แก่แชมเปี้ยนสกีทางไกลของโลก ซึ่งมีสมรรถภาพออกซิเจน 85.1 มล./กก./นาที. 5.7 ลิตร/นาที, ส่วนค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพออกซิเจนในนักกีฬาหญิง 10 คน เท่ากับ 3.6 ลิตร/นาที, การระบายหายใจสูงสุด (maximal pulmonary ventilation) เท่ากับ 111.8(91.6-131.0) ลิตร/นาที , และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเท่ากับ 195 (185-204) ครั้ง/นาที.

ในปี ค.ศ.1969 ลาร์ส เฮอร์มันเซ็น และ เบงท์ ซาลติน[32] (Lars Hermansen and Bengt Saltin) ได้ทำการศึกษาเรื่องสมรรถภาพออกซิเจนในระหว่างการวิ่งบนลู่กลและการออกกำลังถีบจักรยานอย่างหนัก ผู้ถูกทดลองเป็นชาย 55 คน มีอายุอยู่ระหว่าง 19-68 ปี, มีสมรรถภาพออกซิเจนสูงสุดอยู่ระหว่าง 42-79 มล./กก./นาที. เขาให้ผู้ถูกทดลองวิ่งบนลู่กลที่มีความชัน (3° = 5.25 %) และถีบจักรยานวัดงานซึ่งกำหนดให้ระได้หมุนไป 50 รอบ/นาที. จากการทดลองพบว่าผู้ถูกทดลอง 47 คน (จาก 55 คน) มีสมรรถภาพออกซิเจน 0.28 ลิตร/นาที (7 %) ในการวิ่งบนลู่กลซึ่งสูงกว่าการถีบจักรยานวัดงาน ระยะเวลาของการทำงาน, การระบายหายใจ (pulmonary ventilation), กรดแลคติคในเลือด (blood lactate) และอัตราการเต้นของหัวใจไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อายุหรือภาวะการฝึกไม่มีอิทธิพลต่อผลที่ได้ข้างต้นเลย. ผู้ถูกทดลอง 6คน มีสมรรถภาพออกซิเจนสูงสุดจากการวิ่งบนลู่กลที่มีความชัน 3° สูงกว่าที่ได้จากการวิ่งในระดับราบถึง 0.20 ลิตร/นาที. และเขาพบว่าการถีบจักรยานด้วยอัตราเร็ว 60 หรือ 70รอบ/นาที, สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงกว่าการถีบด้วยอัตรา 50 หรือ 80 รอบ/นาที.

---

[32]Lars Hermansen and Bengt Saltin, "Oxygen Uptake During Maximal Treadmill and Bicycle Exercise," Journal of Applied Physiology, 26 (1969), 31-37.

ในปี พ.ศ.2513 ศาสตราจารย์ นายแพทย์ อวย เกตุสิงห์ และคณะ[33] ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราชีพจร, ความดันเลือด, และน้ำหนักตัวของนักศึกษาชาย 6 คน ในการออกกำลังถีบจักรยานภายในห้องที่มีอากาศร้อนชื้นและร้อนแห้งในระยะเวลา 5 นาที. คณะวิจัยพบว่าในขณะออกกำลังไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างภาวะทั้งสอง, แต่ระยะฟื้นตัว (recovery) ในอากาศร้อนชื้น อัตราชีพจรลดลงช้ากว่าในอากาศร้อนแห้ง.

ในปี พ.ศ.2514 ศาสตราจารย์ นายแพทย์ อวย เกตุสิงห์ และคณะ[34] ได้ทำการวิจัยเรื่องอากาศแวดล้อมกับการออกกำลัง. คณะวิจัยพบว่า การทำงานในอากาศร้อนชื้นนั้นสมรรถภาพในการทำงานด้อยกว่าในอากาศร้อนแห้ง, ปริมาณงานที่ทำได้น้อยกว่า, เสียเหงื่อมากกว่า, ใช้เวลาในการฟื้นตัวนานกว่าอัตราชีพจรเพิ่มจากพักในขณะทำงานมากกว่า,อัตราหายใจเพิ่มจากพักในขณะทำงานสูงกว่าและความดันเลือดก็เพิ่มมากกว่าด้วย.

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งหมายที่จะศึกษาอิทธิพลของอากาศแวดล้อมและเครื่องแต่งกายต่อสมรรถภาพออกซิย์เจ็นขณะออกกำลัง

ความมุ่งหมายเฉพาะ

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถภาพออกซิย์เจ็นขณะออกกำลังในสภาพอากาศแวดล้อมและการแต่งกายต่าง ๆ

001001

---

[33] Ouay Ketusinh, and others, Changes in Pulse Rate, Blood Pressure, and Body Weight as Results of Exercise in Hot-dry and Hot-humid Environment (Bangkok: Sport Science Centre, 1970).

[34] อวย เกตุสิงห์ และ คณะ, "อากาศแวดล้อมกับการออกกำลัง," (นครหลวงฯ: ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, 2514) (อัดสำเนา).

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักก่อนออกกำลังในระหว่างการออกกำลัง ในระหว่างการฟื้นตัวของผู้ถูกทดลองที่อยู่ในสภาพอากาศแวดล้อม 4 แบบ คือ อุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %, อุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 %, อุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % และอุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65% และในขณะที่ผู้ถูกทดลองแต่งกาย 2 แบบ คือ แบบปิดและแบบเปิด

3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิผิวกายในขณะพักก่อนออกกำลัง, ในระหว่างออกกำลังทุก ๆ 5 นาที และในระหว่างฟื้นตัวของผู้ถูกทดลองในสภาพอากาศแวดล้อมและการแต่งกายดังกล่าว

4. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบงานซึ่งทำได้ในสภาพอากาศแวดล้อม และการแต่งกายดังกล่าว

5. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบน้ำหนักตัวที่หายไปในระหว่างการออกกำลังในสภาพอากาศแวดล้อมและการแต่งกายดังกล่าว

6. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างของความดันเลือดในขณะพักก่อนออกกำลัง, ในระหว่างออกกำลัง, และในระหว่างฟื้นตัวของผู้ถูกทดลองในสภาพอากาศแวดล้อมและเครื่องแต่งกายดังที่กล่าวมาแล้ว

ขอบเขตของการวิจัย

1. ผู้ถูกทดลอง (subjects) เป็นนิสิตชายที่มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงปานกลาง, ได้ผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์, และเป็นนิสิตชั้นปีที่ 1 วิชาเอกพลศึกษา ของคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, จำนวน 12 คน

2. ในการวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของอากาศแวดล้อมเพียง 4 แบบ คือ อุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %, อุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % อุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %, และอุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % และศึกษาอิทธิพลของเครื่องแต่งกายเพียง 2 แบบ คือ แบบปิด และ แบบเปิด

แบบปิด ประกอบด้วยเสื้อยืดคอกลมแขนยาวรัดปลายแขน กางเกงขาสั้นผ้าฝ้ายค่อนข้างหนา สูงเหนือเข่าประมาณ 20 เซ็นติเมตร ถุงเท้าฟุตบอลผ้าฝ้ายและรองเท้าผ้าใบ

แบบเปิด ประกอบด้วยกางเกงขากว้างพอสบาย สั้นประมาณโคนขา

3. การวิจัยนี้ทำการทดลองในห้องซึ่งอากาศที่สามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นได้ ซึ่งจะแกว่งไกวเพียงเล็กน้อยคือ อุณหภูมิ $40 \pm 1^{\circ}$ ซ., $28 \pm 1^{\circ}$ ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 5 %, 65 ± 5 %

ประโยชน์ของการวิจัย

การวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการกีฬาและอุตสาหกรรมของประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง ในการที่จะนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมเพื่อ :-

1. เป็นแนวทางในการจัดสภาพแวดล้อมหรือเลือกอากาศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬาที่จะช่วยให้นักกีฬาสามารถฝึกซ้อมได้นานขึ้นและมีสมรรถภาพสูงสุด

2. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกและกำหนดเครื่องแต่งกายที่ใช้ในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาให้เหมาะสมกับอากาศแวดล้อม เพื่อสมรรถภาพสูงสุดของนักกีฬา

3. เพื่อจัดสร้างห้องฝึกซ้อมหรือโรงพลศึกษาที่เหมาะสมโดยจัดให้มีอากาศแวดล้อมที่จะอำนวยให้นักกีฬาฝึกซ้อมจนเต็มที่และมีสมรรถภาพสูงสุด

4. เป็นแนวทางในการออกแบบโรงงานอุตสาหกรรมและการกำหนดเครื่องแบบของคนงานให้เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพของงาน.

นอกจากนี้การวิจัยนี้ยังจะเป็นพื้นฐานของการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับสรีรวิทยาในการออกกำลังต่อไป

แผนการวิจัย

1. คัดเลือกนิสิตชายชั้นปีที่ 1 ของคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ที่มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงปานกลางเป็นผู้ถูกทดลอง จำนวน 12 คน ซึ่งได้ผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์ของศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา.

2. ในการทดลองได้อาศัยเครื่องมือของศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬาและของแผนกวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

3. การทดลองได้กระทำในห้องชีวอากาศ ซึ่งสามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นได้ของศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา.

4. ให้ผู้ถูกทดลองถีบจักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) ใน อากาศแวดล้อมแบบต่าง ๆ เริ่มต้นจากน้ำหนักถ่วง 1.5 กิโลปอนด์ และเพิ่มน้ำหนักถ่วง 0.5 กิโลปอนด์ทุก ๆ 2 นาที จนกระทั่งชีพจรของผู้ถูกทดลองถึง 190 ครั้ง/นาที หรือจนกระทั่งถีบต่อไปไม่ไหวหรือไม่เข้ากับจังหวะซึ่งตั้งไว้ให้กระโดดจักรยานหมุนไปได้ 50 รอบต่อนาที บันทึกน้ำหนักตัว, อุณหภูมิผิวกาย, ความดันเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ, ก่อนออกกำลัง. ระหว่างออกกำลังบันทึกเฉพาะอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาที และอุณหภูมิผิวกายทุก 5 นาที. เมื่อหยุดออกกำลังในนาทีที่ 1 และ 6 บันทึกความดันเลือดและอุณหภูมิผิวกาย แต่บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาทีเป็นเวลา 6 นาที เสร็จแล้วให้ผู้ถูกทดลองซับเหงื่อให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนัก

5. ระยะเวลาในการทดลอง ใช้เวลาทดลองในแต่ละอากาศแวดล้อมคนละ 6 ครั้ง แบ่งเป็นในเครื่องแต่งกายแบบเปิด 3 ครั้ง และแบบปิด 3 ครั้ง, รวมทั้งสิ้นจะต้องทำการทดลองคนละ 24 ครั้ง, เว้นช่วงการทดลองครั้งละไม่ต่ำกว่า 1 วัน.

6. นำผลที่ได้จากการทดลองมาศึกษาเปรียบเทียบดูสมรรถภาพออกซิเจน, อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด, อุณหภูมิผิวกาย, น้ำหนักตัวที่หายไปในขณะออกกำลังในสภาพอากาศแวดล้อมและเครื่องแต่งกายต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว และทดสอบความมีในนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 ด้วยที-เทสต์ (t-Test) ดังสูตรในภาคผนวก

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้เวลาในการทดลองนานมาก (ประมาณ 6 เดือน) และผู้ถูกทดลองทั้งหมดเป็นนิสิต, จึงอาจมีปัจจัยอื่นมาเป็นอุปสรรคทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสุขภาพทางกายและทางอารมณ์ เช่น การสอบ การฝึกซ้อมพิเศษ ซึ่งอาจมีผลต่อการทดลอง ทำให้ผลที่ได้คลาดเคลื่อน, สิ่งเหล่านี้ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมได้.

ความหมายของคำที่ใช้ในการวิจัย

1. สมรรถภาพออกซิเจน (Oxygen capacity) หมายถึงความสามารถของร่างกายที่จะจับออกซิเจนไปใช้ในระหว่างการออกกำลัง.

2. ภาวะอยู่ตัว (Steady state) หมายถึงระยะเวลาที่การออกกำลังคงที่, การจับออกซิเจนคงที่, การใช้ออกซิเจนคงที่, ความต้องการออกซิเจนของร่างกายคงที่, และหนี้ออกซิเจนคงที่ด้วย, ซึ่งตรวจทราบได้ด้วยการนับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลัง. กำหนดให้อัตราเต้นของหัวใจต่างกันไม่เกิน 4ครั้ง/นาที

3. จักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) เป็นจักรยานที่ใช้ถีบอยู่กับที่เพื่อใช้วัดงานหรือประสิทธิภาพของหัวใจและการหายใจ จักรยานที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบโมนาร์ค (Monark bicycle ergometer) มีลักษณะเป็นจักรยานล้อเดียวตั้งอยู่กับที่ มีน้ำหนักถ่วงให้ฝืดด้วย สายพานพันรอบล้อซึ่งสามารถจะขันให้ตึงหรือคลายให้หย่อนได้ มีสเกลบอกน้ำหนักถ่วงจากสายพานเป็นกิโลปอนด์ (kilopond หรือใช้อักษรย่อว่า kp.) 1 กิโลปอนด์ เท่ากับ แรงที่กระทำต่อมวลหนัก 1 กิโลกรัมที่ความเร่งปกติของแรงดึงดูดของโลก, จักรยานนี้เมื่อถีบให้กระโดหมุนไป1 รอบ จะมีการเคลื่อนที่ตามขอบล้อเป็นระยะทาง 6 เมตร, ในการทดลองนี้กำหนดให้ถีบ 50 รอบ/นาที จึงคิดเป็นระยะทาง 300เมตร/นาที, ถ้าถ่วงน้ำหนัก 1 กป.(กิโลปอนด์) ก็จะเป็นงาน 300 กปม./นาที.