บทที่ ๑

คำนำ

ในการฝึกซ้อมกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน สภาพลมฟ้าอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิและความชื้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึง ทั้งนี้เนื่องจากการออกกำลังกายในภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นของอากาศแตกต่างกันมีอิทธิพลต่อร่างกายทั้งทางด้านการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีววิทยาต่างกัน.

ในขณะออกกำลังกาย กล้ามเนื้อหัวใจทำงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงร่างกายให้มากขึ้น เวดและบิชอบ[๑] (Wade and Bishop) ได้ศึกษาการไหลเวียนของโลหิตในการทำงานขนาดต่าง ๆ กัน. ปรากฏว่าเมื่อออกกำลังถึงขีดสูงสุดอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มมากกว่าปกติเท่าตัว, การสูบฉีดมีปริมาณมากขึ้นและไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงานมากขึ้นด้วย. นอกจากนี้ปริมาณโลหิตที่หล่อเลี้ยงตามผิวหนังจะแตกต่างกันไปตามปริมาณงานที่ทำ. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของสิ่งแวดล้อม.

ครอยเซอร์[๒] (Kreuzer) ได้ทำการศึกษาการปรับตัวของร่างกายเมื่อเริ่มออกกำลัง (beginning exercise) พบว่าเมตะบอลิสึม (Metabolism) ในร่างกายสูงขึ้น, อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว, การสูบฉีดแต่ละครั้งมีปริมาณมากขึ้น, และหัวใจค่อย ๆ ปรับตัวทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ, ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว, (Systolic arterial blood pressure) สูงขึ้น, แต่ความดันโลหิตขณะหัวใจหยอนตัว (diastolic pressure) ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก.

---

[๑] Wade, O.L. and Bishop, J.M. "Cardiac Out-put and Regional Blood Flow", Physical activity and the heart, (Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, Publishers, 1967) p. 69

[๒] Ferdinand J.A. Kreuzer, "Physiological Adjustments to Exercise", International Research in Sports and Physical Education, (Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, Publishers, 1964) p. 322 - 324.

จากการศึกษาสรีรวิทยาเกี่ยวกับการออกกำลังกาย[๓] พบว่าในระหว่างการออกกำลังมีการเปลี่ยนแปลงในระบบไหลเวียนและหายใจมากขึ้น. โดยทั่วไปอัตราชีพจรขณะพักของคนปกติประมาณ ๗๒ ครั้งต่อนาที, แต่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามวันเวลาและสิ่งแวดล้อม. ในขณะก่อนออกกำลังหรือก่อนทำการแข่งขัน, อัตราการเต้นของชีพจรมักสูงขึ้นเนื่องจากเกิดความตื่นเต้น, และร่างกายปรับตัวให้พร้อมที่จะทำงาน. เห็นได้จากนักยกน้ำหนักซึ่งทำการฝึกซ้อมมาอย่างดี (well-trained) มีอัตราชีพจรปกติประมาณ ๗๒ ครั้งต่อนาที. เมื่อเริ่มออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจจะเร่งเร็วขึ้นทันทีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในนาทีแรก ๆ และเมื่อออกกำลังไปประมาณ ๔ - ๕ นาที หัวใจจะเต้นเร็วสม่ำเสมอดีขึ้น. แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงสุดเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของการออกกำลัง, ระยะเวลาของการออกกำลัง, สภาพร่างกายและอารมณ์ของผู้เข้าทดสอบ, ตลอดจนอุณหภูมิและความชื้นของสิ่งแวดล้อมด้วย.

จากการทดลองของชไนเดอร์[๔] (Schneider) พบว่าในการออกกำลังโดยถีบจักรยานวัดงาน, เมื่อเพิ่มปริมาณงานขึ้น (Work load) อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามด้วยเป็นลำดับ. ข้อนี้แสดงให้เห็นว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับปริมาณการออกกำลัง. แต่จากการสังเกตพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขึ้นสูงสุดเมื่อออกกำลังเต็มที่และอาจลดลงได้เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจขึ้นสูงสุดจนถึงขีดจำกัด (limiting value) ในคนที่ขาดการออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจอาจขึ้นสูงถึง ๒๔๐-๒๗๐ ครั้งต่อนาที. แต่ในคนส่วนมากอัตราการเต้นของชีพจรสูงสุดขณะออกกำลังเต็มที่จะประมาณ ๒๐๐ ครั้งต่อนาที.

---

[๓]Karpovich, Peter V., Physiology of Muscular Activity, (Philadelphia and London: W.B. Saunders Company, 1966) p. 167.

[๔]Schneider, "Physiology of muscular activity, "Physiology of Exercise, (Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1967) p. 99.

นอกจากนี้ชนิดของการออกกำลังก็มีอิทธิพลต่อการเพิ่มของอัตราการเต้นของชีพจรด้วย. จากการศึกษาของ แมคเคอดี้[๕] (McCurdy) พบว่าอัตราการเต้นของชีพจรจะเพิ่มขึ้นเร็วที่สุดเมื่อออกกำลังประเภทที่ใช้ความเร็ว เช่นวิ่งเร็ว (Sprinting) และเพิ่มขึ้นน้อยเมื่อออกกำลังประเภทใช้กำลัง (Strength) เช่นทุมน้ำหนัก. สำหรับการออกกำลังประเภทใช้ความทนทาน เช่นวิ่งระยะทางไกล อัตราการเต้นของชีพจรจะเพิ่มขึ้นปานกลาง.

อุณหภูมิในร่างกายที่สูงขึ้นในระหว่างการออกกำลังไม่ทำให้อัตราชีพจรขึ้นเร็วนัก. แต่ถ้าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นย่อมมีผลต่อการเต้นของหัวใจ, คือทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้นเพื่อส่งโลหิตไปเลี้ยงกล้ามเนื้อมากขึ้น, และขณะเดียวกันโลหิตส่งไปที่ผิวหนังก็มากขึ้นด้วยเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย.

หลังจากออกกำลังแล้ว อัตราการเต้นของหัวใจจะลดลงอย่างรวดเร็วในนาทีแรก ๆ. ระยะเวลาที่อัตราการเต้นของหัวใจคืนสู่สภาพปกติขึ้นอยู่กับ ปริมาณงาน, ระยะเวลาที่ออกกำลังและสภาพร่างกายของผู้ถูกทดลอง. ในคนที่มีสมรรถภาพของร่างกายดี, การคืนสู่สภาพปกติจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว. แต่ถ้าออกกำลังจนหมดแรง (Exhausted) การคืนสู่สภาพปกติจะเป็นไปอย่างช้า ๆ. อาจต้องใช้เวลานานถึง ๑-๒ ชั่วโมงหรือกว่านั้น. จากรายงานในเรื่องอัตราชีพจรของ คอทตอนและดิลล์[๖] (Cotton and Dill) เห็นว่าในระยะเวลา ๑๐ วินาทีแรกหลังจากออกกำลังอย่างหนักเสร็จแล้ว, อัตราการเต้นของชีพจรลดลงไม่มาก แต่หลังจากนั้นชีพจรจะลดลงอย่างรวดเร็ว. อัตราชีพจรอาจจะลดลงต่ำกว่าอัตราชีพจรก่อนออกกำลังได้, เพราะอัตราชีพจรก่อนออกกำลังอาจมิใช่อัตราชีพจรปกติที่แท้จริงเนื่องจากเหตุผลทางด้านจิตวิทยา ซึ่งทำให้ชีพจรเปลี่ยนแปลงได้เสมอ.

---

[๕]McCurdy, J.H. : "Adolescent changes in heart rate and blood pressure", Physiology of exercise (Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1967) p. 100.

[๖]Cotton, F.S., and Dill, D.B. : "On the Relation between the Heart-Rate during Exercise and That of Immediate Post-Exercise Period,""Physiology of Muscular Activity, (Philadelphia and London: W.B. Saunders Company, 1966) p. 171.

ระหว่างการออกกำลัง ความดันเลือดแดงขณะหัวใจบีบตัว (Systolic arterial pressure) จะเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้โลหิตไหลเวียนไปสู่หัวใจ, สมอง, และกล้ามเนื้อที่ทำงานได้รวดเร็ว. การเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตขณะออกกำลังกายจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของงาน, ความเร็ว, ระยะเวลาที่ออกกำลัง, และขึ้นอยู่กับสภาพร่างกายของผู้ออกกำลังด้วย.

ในการออกกำลังปานกลาง ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (ความดันเลือดซิย์สโตลิค) เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และลดลงช้า ๆ. แต่ถ้าออกกำลังหนัก ความดันเลือดซิย์สโตลิคจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว. โบเวน[๗] (Bowen) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตขณะออกกำลังโดยการถีบจักรยานวัดงาน. ผลปรากฏว่าความดันโลหิตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและถึงขีดสูงสุดในระยะ ๕-๑๐ นาที, และคงที่ไปเรื่อย ๆ เมื่อเข้าสู่ภาวะ "อยู่ตัว" (Steady state). เมื่อหยุดการออกกำลังกายความดันเลือดซิย์สโตลิคจะลดลงทันทีอย่างรวดเร็วจนถึงต่ำกว่าปกติ. แล้วค่อย ๆ กลับขึ้นไปช้า ๆ.

เมื่อออกกำลังไปนาน ๆ มีแนวโน้มว่าความดันเลือดซิย์สโตลิคจะลดลง[๘]. ทั้งนี้เนื่องจากหลอดเลือดที่ผิวหนังขยายตัวให้โลหิตผ่านไปได้มากขึ้น เพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย. ในการวิ่งมาราธอน (marathon) ร่างกายออกกำลังเป็นเวลานาน. อุณหภูมิในร่างกายสูง. โลหิตจะไหลไปสู่ผิวหนังมากขึ้นเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย. หลอดเลือดที่ผิวหนังขยายโตขึ้น, เมื่อหยุดวิ่งความดันเลือดจะต่ำกว่าปกติ (เนื่องจากหลอดเลือดที่ผิวหนังยังคงขยายอยู่) ประมาณ ๑๐ นาทีและจะค่อย ๆ คืนสู่สภาพปกติภายในเวลา ๑-๔ ชั่วโมง. ส่วนความดันเลือดขณะหัวใจหย่อนตัว (ความดันเลือดไดแอสโตลิค) ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักและจะกลับคืนสู่สภาพปกติภายในเวลา ๓๕ นาที.

---

[๗]Bowen, W.P., "Changes in heart rate, blood pressure and duration of systolic resulting from bicycling", Physiology of exercise, (Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1967) p. 100

[๘]Morehouse and Miller, Physiology of exercise, (Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1967) p. 120 - 121.

การออกกำลังกายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านการหายใจ[๙] เนื่องจากการเผาผลาญในร่างกายเพิ่มขึ้นในระหว่างการออกกำลัง. ร่างกายมีความต้องการออกซิเจ็นมาก ทำให้ต้องมีการหายใจเพิ่มขึ้น. ความตื่นเต้นก่อนออกกำลังหรือก่อนแข่งขันจะทำให้หายใจเร็ว. ในระยะเริ่มแรกที่ออกกำลังอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นและหายใจลึก. อัตราการหายใจต่อนาทีที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นสัดส่วนไปกับปริมาณงาน. ในการออกกำลังคงที่, ความถี่ของการหายใจจะเข้าสู่ระยะคงที่หลังจากออกกำลังไปประมาณ ๒-๔ นาที, และความลึกก็จะสม่ำเสมอกันเมื่อออกกำลังไปแล้ว ๓-๕ นาที. โดยปกติการออกกำลังปานกลางบนพื้นดินอัตราการหายใจสูงสุดประมาณ ๓๐ ครั้งต่อนาที, ในน้ำประมาณ ๖๐ ครั้งต่อนาที. ถ้าออกกำลังหนักเกินไปการหายใจจะไม่สม่ำเสมอแต่จะเร็วขึ้นเรื่อย ๆ. นอกจากนี้อุณหภูมิของโลหิตมีอิทธิพลต่อการหายใจด้วย. เมื่ออุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้น การหายใจจะเร็วขึ้นเนื่องจากร่างกายเพิ่มการไหลเวียนของอากาศในปอดมากขึ้น. การหายใจจะเร็วยิ่งขึ้นถ้าอัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในโลหิตเพิ่มขึ้น.

โดยปกติไม่ว่าจะอยู่ในสภาพแวดล้อมใด ๆ ก็ตาม อุณหภูมิในร่างกายจะคงที่อยู่เสมอ. แต่อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่เกิน ๑ °ซ.° ทั้งนี้ร่างกายสามารถปรับอุณหภูมิให้คงที่อยู่ได้โดยใช้ระบบระบายความร้อน[๑๐](heat-distribution system), คือใช้ระบบการไหลเวียนของโลหิต (blood circulation system) ไปสู่ผิวหนังมากขึ้น และผิวหนังระบายความร้อนออกโดยการแผ่รังสี (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) การพา (Convection) และการระเหย (evaporation) ของน้ำออกจากร่างกาย. อนึ่งการระบายความร้อนนี้จะได้ผลเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของสิ่งแวดล้อมด้วย. ถ้าอากาศมีอุณหภูมิสูงและความชื้นมาก, การระบายความร้อนออกจากร่างกายทำได้น้อย.

---

[๙]Karpovich, Peter V., Physiology of Muscular Activity, (Philadelphia and London: W.B. Saunders Company, 1966) p. 108-144, 210

[๑๐]Ibid p. 209

[๑๐]Shilling, Charles W., "The mechanism of Temperature Control" The Human machine,(Annapolis, Maryland: United States, Naval Institute, 1955) p. 30 - 32.

ทั้งนี้เนื่องจากในอากาศร้อนร่างกายระบายความร้อนได้มากที่สุดโดยการระเหยของเหงื่อ ถ้าในอากาศมีไอน้ำมาก ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง, เหงื่อระเหยเกือบไม่ได้ การระบายความร้อนออกจากร่างกายจึงทำได้น้อย.

ในการออกกำลังอุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้น[๑๒] แต่จะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณงาน, ระยะเวลาการทำงาน, อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ, และกระแสลม. นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายด้วย. ในการออกกำลังหนัก ๆ เป็นเวลานาน อุณหภูมิในร่างกายอาจมากกว่า ๔๐° ซ. ซึ่งทำให้สมรรถภาพในการทำงานลดลง เนื่องจากอุณหภูมิของร่างกายสูงเกินกว่าที่เอนไซม์ของกล้ามเนื้อจะทำงานได้ดี.

นอกจากนี้สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้สมรรถภาพในการออกกำลังหรือการเล่นกีฬาลดลง คือร่างกายสูญเสียน้ำเป็นจำนวนมากในเวลารวดเร็ว (Acute dehydration) โดยการหลั่งเหงื่อและการหายใจ, เฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำงานหรือออกกำลังอย่างหนักในอากาศร้อนและชื้น. การที่ร่างกายสูญเสียน้ำมากเช่นนี้จะทำให้บริมาตรโลหิต (Blood volume) ลดน้อยลง. บางครั้งจนถึงขีดอันตราย[๑๓] อาการผิดปกติ[๑๔] ซึ่งสังเกตเห็นได้ คือกระหายน้ำ, เริ่มมีอาการคลื่นไส้, เป็นตะคริว. ในที่สุดจะอาเจียน อาการเหล่านี้แสดงว่าร่างกายหมดความสามารถที่จะทนทานทำงานต่อไปได้. การเสื่อมสมรรถภาพลงนี้จะเห็นได้จากอุณหภูมิทวารหนัก (rectal temperature) สูงขึ้น, และอัตราการเต้นของชีพจรสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว.

---

[๑๒] Ferdinand J.A. Kreuzer, "Physiological Adjustments to exercise, "International Research in Sport and Physical Education, (Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, Publisher, 1964) p. 320

[๑๓] Branch, J.H.: "Physiological and Pathological effects of severe exertion (The marathon race)", Physiology of exercise (Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1967), p. 127

[๑๔] Ibid p. 218.

ใน พ.ศ. ๒๕๑๓ ศาสตราจารย์นายแพทย์อวย เกตุสิงห์[๑๕] และคณะได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราชีพจร, ความดันโลหิตและน้ำหนักตัว ในการออกกำลังถีบจักรยานวัดงาน ของนักศึกษาชาย ๖ คนเป็นเวลา ๖ นาทีในอากาศร้อนชื้นครั้งหนึ่งและร้อนแห้งอีกครั้งหนึ่ง. ปรากฏว่าอัตราชีพจรและความดันเลือดระหว่างการออกกำลังในอุณหภูมิทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ. แต่การฟื้นตัวในอากาศร้อนชื้นช้ากว่าในอากาศร้อนแห้ง. ข้อพบนี้อาจจะมีความสำคัญเกี่ยวกับการออกกำลัง (และการทำงาน) ในอากาศร้อนชื้นเช่นในประเทศเรา, โดยที่ยอมรับกันอยู่ว่าคนในประเทศร้อนมีความอดทนในการทำงานน้อยกว่าคนในประเทศหนาว. น่าจะได้มีการพิสูจน์ให้ทราบแน่ชัดสักครั้งหนึ่งว่า การที่อดทนน้อยนี้เป็นเพราะอิทธิพลของความร้อนและความชื้นต่อสมรรถภาพในระยะทำงานหรืออัตราการฟื้นตัวในระยะพัก.

ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนและการหายใจในขณะออกกำลังกายและขณะฟื้นตัว ในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน, และศึกษาว่าความคิดทางทฤษฎีดังกล่าวแล้วจะเชื่อถือได้เพียงใดสำหรับคนไทยซึ่งเคยชินกับอากาศร้อนมาตั้งแต่เกิด.

---

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

การทบทวนเอกสารวิชาการเกี่ยวกับการวิจัย

ปี ค.ศ. ๑๙๓๑ ดิลล์และผู้ร่วมงาน[๑๖] (Dill and his co - workers) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานกับอากาศภายนอกร่างกาย โดยให้ผู้เข้าทดสอบทำงานปริมาณเท่ากันในห้องที่ปรับอากาศร้อนและเย็น. ปรากฏว่าในการออกกำลังในห้องร้อนปริมาณโลหิตที่หัวใจสูบฉีดใน ๑ นาที (heart out-put per minute) มากกว่าในการออกกำลังในห้องเย็น, ๑ ลิตร ถึง ๔ ลิตร. การหายใจเร็วขึ้นใน ๑๐ นาทีแรกและค่อย ๆ เพิ่มช้าลง ๆ จนเสร็จสิ้นการออกกำลัง.

ในปี ค.ศ. ๑๙๔๔ พิท, จอนสันและคอนโซลาซิโอ[๑๗] (Pitts, GC, Johnson, R.E. and Consolazio, F.C.) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการดื่มน้ำในการออกกำลังกายในอากาศร้อนโดยให้ผู้ถูกทดลอง ๖ คน, ซึ่งเคยชินกับอากาศร้อน เดินขึ้นบนทางลาด ๒.๕ % ด้วยความเร็ว ๓.๕ ไมล์ต่อชั่วโมง, พักทุกระยะครึ่งชั่วโมง ในอุณหภูมิ ๓๘° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ ๓๕-๔๕ %. ปรากฏว่าเมื่อผู้ถูกทดลองเดินโดยไม่ได้ดื่มน้ำเลย, อุณหภูมิร่างกายจะขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึง ๓๙° ซ. และเหนื่อยง่ายจนเดินเกือบไม่ถึงที่หมาย. เมื่อให้ดื่มน้ำได้ตามต้องการอุณหภูมิของร่างกายขึ้นสูงเพียงเล็กน้อย และสามารถเดินได้ในสภาพที่ดีกว่า. แต่ถ้าให้ดื่มน้ำเท่ากับเหงื่อที่จะต้องสูญเสียไปสามารถเดินได้ดี, และอุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย.

---

[๑๖] Dill, D.B. Edwards, H.T. Bauer, P.S. and Levenson, E.J. : "Physical Performance in Relation to External Temperature", Physiology of Muscular Activity, (Philadelphia and London: W.B. Saunders Company, 1966) p. 213

[๑๗] Pitts, G.C., Johnson, R.E. and Consolazio, F.C. : "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. 222

ในปี ค.ศ. ๑๙๔๕ เทเลอร์[๑๘] (Taylor, C.L.) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความอดทนในการทำงานขนาดปานกลางในอากาศร้อนชื้น, และร้อนแห้ง. ผลปรากฏว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ ๖๒.๘° ซ. ความชื้น ๑๐ % ร่างกายสามารถทำงานได้นานถึง ๑ ชั่วโมง แต่ถ้าความชื้นของอากาศสูง ๙๐ % ร่างกายสามารถทำงานได้ในอุณหภูมิแค่ ๔๐° ซ. เท่านั้น.

ใน ค.ศ. ๑๙๕๕ บรูฮา[๑๙] (Brouha, L.) ได้ศึกษาการทำงานของคนในโรงงานในอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่างกัน (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, ระยะออกกำลังและระยะหลังออกกำลังสูงขึ้นด้วย. อัตราชีพจรขณะพักหลังจากออกกำลังในอุณหภูมิ ๓๓-๓๕° ซ ความชื้นสัมพัทธ์ ๖๕-๙๐ % ไม่กลับคืนสู่ สภาพปกติถึงแม้ว่าจะพักเกินกว่า ๔๕ นาทีแล้วก็ตาม

ต่อมาในปี ค.ศ. ๑๙๖๐ บรูฮา[๒๐](Brouha, L.) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณออกซิเจ็นที่ร่างกายใช้หมดไป (Oxygen consumption) โดยใช้ชาย ๖ คนออกกำลังปานกลาง (submaximum work) ในอุณหภูมิปานกลาง คือ ๓๐° ซ., ความชื้นสัมพัทธ์ ๕๐ %, โดยการถีบจักรยานวัดงานเป็นเวลา ๓๐ นาทีและให้ถีบจักรยานวัดงานในปริมาณงานสูงสุด (maximum work) ต่อไปอีก ๔ นาที. ปรากฏว่าอัตราการเต้นของชีพจรกลับคืนสู่สภาพปกติได้ช้ากว่าออกซิเจ็นที่หายใจเข้าไป (Oxygen intake) ถึงแม้ว่าปริมาณการใช้ออกซิเจ็นในร่างกายจะเข้า

---

[๑๘]Taylor, C.L., Heat Tolerance for short exposures, (1945), Physiology of Exercise, (Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1967) p. 219

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

[๒๐]Brouha, L. : "Effect of exercise on heart rate and O_2 consumption", Physiology of Muscular activity, (Philadelphia and London: W.B. Saunders Company, 1966) p. 172

สู่ระดับปกติแล้วก็ตามอัตราการเต้นของหัวใจยังคงสูงกว่าปกติ. หลังจากหยุดออกกำลังแล้ว ปริมาณออกซิย์เจ็นที่ร่างกายใช้ (Oxygen Consumption) กลับคืนสู่สภาพปกติอย่างรวดเร็ว. แต่ในระยะ ๑ ชั่วโมง อัตราการเต้นของหัวใจยังไม่คืนสู่สภาพปกติ.

ปี ค.ศ. ๑๙๖๔ ที. สแตรนเดล[๒๑] (T. Strandell) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบเรื่องการไหลเวียนของโลหิตในขณะออกกำลังระหว่างคนสูงอายุและคนหนุ่ม, โดยถีบจักรยานวัดงานเริ่มต้นจาก ๓๐๐ กิโลปอนด์มีเตอร์ต่อนาที (300 kpm/min) และเพิ่ม ๓๐๐ กิโลปอนด์มีเตอร์ทุก ๖ นาทีจนกว่าผู้เข้าทดสอบหมดแรงหรือเกือบหมดแรง ในระหว่างออกกำลัง, บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ, การหายใจ, E. C. G. ผลปรากฏว่าในคนอายุมาก ความสามารถสูงสุดในการทำงาน (maximum work capacity) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (maximum heart rate) [illegible]ในขณะออกกำลังลดลง. นอกจากนี้การสูบฉีดโลหิตของหัวใจ (Cardiac out-put) ทั้งในขณะพักและขณะออกกำลังลดลงด้วย.

ปี ค.ศ. ๑๙๖๗ ชาลส์ วอลลิน[๒๒] (Charles C. Wallin) และแจค เช็นเดล (Jack Schendel) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระบบไหลเวียนของคนวัยกลางคน โดยให้ชายวัยกลางคน ๒๑ คนฝึกวิ่งเบา ๆ (jogging) เป็นเวลา ๑๐ สัปดาห์ ต่อจากนั้นทดสอบถีบจักรยานวัดงานโดยใช้กำลังเกือบถึงขีดสูงสุด (Submaximal exercise) ๖ นาที เพื่อดูผลแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิตระหว่างก่อนฝึกวิ่ง และหลังฝึกวิ่ง. ปรากฏว่าหลังจากฝึกวิ่งแล้วระบบไหลเวียนดีขึ้นเนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก, ขณะทำงาน, และขณะฟื้นตัวน้อยลง.

---

[๒๑] 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.

[๒๒] Charles C. Wallin, and Jack S.Schendel, "Physiological changes in middle - aged men following a ten-week jogging program", Research quartery, American Association for health, Physical Education and Recreation, (Vol. 40 No. 3 October 1966) pp. 600.

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนของโลหิตและการหายใจในขณะออกกำลังกาย และการกลับคืนสู่สภาพปกติภายหลังการออกกำลังภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน คืออากาศร้อนชื้น (**hot-humid**) , ร้อนแห้ง (**hot-dry**) , และอากาศเย็น (**cold**).

ความมุ่งหมายเฉพาะ

๑. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างในด้าน อัตราชีพจร , การหายใจ และความดันโลหิตขณะออกกำลังกายในอากาศร้อนชื้น, อากาศร้อนแห้ง, และอากาศเย็น.

๒. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นแตกต่างกันดังกล่าวมาแล้ว.

๓. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราชีพจร , การหายใจ, และความดันโลหิต ขณะฟื้นตัว (**Recovery**) ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน.

ขอบเขตของการวิจัย

๑. ผู้ถูกทดลอง (**Subjects**) เป็นนิสิตชายที่มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง, โดยผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์, และเป็นผู้ที่กำลังเรียนพลศึกษาเป็นวิชาเอก, จำนวน ๘ คน.

๒. ในการวิจัยนี้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนของโลหิตและการหายใจ เฉพาะในด้านอัตราการเต้นของหัวใจ, ความดันโลหิต และอัตราการหายใจขณะออกกำลังกายและฟื้นตัวในอากาศร้อนชื้น, ร้อนแห้งและเย็น.

๓. ทำการทดลองในห้องที่ปรับอุณหภูมิและความชื้นได้. สำหรับอากาศร้อนชื้น คืออุณหภูมิ ๔๐° ซ. ความชื้น ๗๕ ± ๕ % , อากาศร้อนแห้งอุณหภูมิ ๔๐° ซ. ความชื้น ๕๐ ± ๕ %, ฉะอากาศเย็น อุณหภูมิ ๒๐° ซ. ความชื้น ๕๐ ± ๕ %.

ประโยชน์ของการวิจัย

๑. การศึกษาเรื่องนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อวงการกีฬาในประเทศไทย ในอันที่จะนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยไปเป็นแนวทางในการฝึกซ้อมกีฬาประเภทใช้ความอดทนให้เหมาะสมกับสภาพอากาศ เพื่อให้นักกีฬามีสมรรถภาพสูงสุด.

๒. ช่วยให้ความกระจ่างในด้านความอดทนในการทำงาน ในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน และนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อให้ผู้ทำงานสามารถทำงานได้ผลดีที่สุด.

๓. เพื่อให้ผู้ควบคุมการฝึกซ้อมกีฬาและนักกีฬา ตระหนักถึงความสำคัญของสภาพอากาศซึ่งมีอิทธิพลต่อการออกกำลังกาย และหาทางแก้ไขหรือป้องกันอันตรายอันอาจเกิดจากการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันกีฬา ในสภาพอากาศต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอากาศร้อนชื้น.

๔. การวิจัยนี้จะเป็นพื้นฐานของการวิจัยที่เกี่ยวกับการออกกำลังกาย, การทำงานทั่วไป, และการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด.

แผนการวิจัย

๑. คัดเลือกนิสิตชาย ๘ คนเป็นผู้ถูกทดลอง, โดยเลือกผู้มีอายุ, น้ำหนัก, ส่วนสูงใกล้เคียงกัน และมีสุขภาพแข็งแรงโดยผ่านการตรวจสุขภาพจากนายแพทย์ของศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, นอกจากนี้มีสมรรถภาพทางกายใกล้เคียงกันโดยตัดสินด้วยการทดสอบ ฮาร์วาด สเตป เทสต์ (Harvard Step Test)

๒. ทำการทดลองโดยใช้ห้องชีวอากาศ ซึ่งปรับอุณหภูมิและความชื้นได้ ซึ่งศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬาให้อาศัยใช้.

๓. ทำการทดสอบขั้นต้น (Pre - test) เพื่อหาปริมาณงานที่เหมาะสมในการเริ่มต้นถีบจักรยานวัดงาน.

๔. ให้ผู้ถูกทดลองออกกำลังโดยการถีบจักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) ในอากาศร้อนชื้น (hot - humid) , ร้อนแห้ง (hot - dry) , และเย็น (cold). ตามลำดับ. เริ่มต้นจากน้ำหนักถ่วงที่พอเหมาะตามผลที่ได้จากการทดสอบขั้นต้น และเพิ่มน้ำหนักถ่วง ๐.๕ กิโลปอนด์ทุก ๒ นาที จนกระทั่งผู้ถูกทดลองถีบต่อไปไม่ไหว. บันทึกผลการตรวจร่างกายก่อนออกกำลัง, ขณะออกกำลัง และหลังออกกำลังเกี่ยวกับอัตราชีพจร, อัตราการหายใจ ความดันโลหิตและน้ำหนักตัว, เพื่อนำมาศึกษาต่อไป.

๕. นำผลที่ได้จากการทดลองมาศึกษาเปรียบเทียบดูการเปลี่ยนแปลงของอัตราชีพจร, อัตราการหายใจ, ความดันโลหิตและน้ำหนักตัว ในขณะพักก่อนทำการทดลอง(Control) ขณะออกกำลัง (during exercise) , และการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย(Recovery).

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

๑. การวิจัยครั้งนี้กระทำติดต่อกันชั่วเวลาหลายสัปดาห์ ผู้เข้าทดสอบอาจมีการเปลี่ยนแปลงในด้านสุขภาพ, การกินอาหาร, การพักผ่อน, และอารมณ์. การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจมีผลต่อการทดลองทั้งสิ้นและอาจจะทำให้ผลที่ได้จากการทดลองคลาดเคลื่อน. สิ่งเหล่านี้ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมได้.

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีส่วนประกอบหลายชิ้น. ส่วนประกอบของเครื่องมือบางอย่างประดิษฐ์ขึ้นเองด้วยการแนะนำของศาสตราจารย์นายแพทย์อวย เกตุสิงห์. บางอย่างขอยืมจากสถาบันอื่น. ผลการวิจัยอาจคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากความไม่แม่นตรงของเครื่องมือ.

๓. เวลาในวันหนึ่ง ๆที่ทำการทดสอบอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้, เนื่องด้วยการกวัดไกวตามธรรมชาติของร่างกาย (Natural daily rhythm).ถึงแม้ว่าในการทดลองจะได้ระมัดระวังให้คนหนึ่ง ๆทำการทดลองในเวลาเดียวกัน (เช่นเช้า, บ่าย, หรือเย็น) ทุก ๆครั้ง, แต่การที่จำเป็นต้องใช้เวลาต่างกันสำหรับผู้ทดลองหลาย ๆคน, อาจเป็นเหตุแทรกแซงให้ผลแตกต่างกันได้, และเรายังไม่มีความรู้ในเรื่องนี้.

ความหมายของคำที่ใช้ในการวิจัย

๑. เมตะบอลิสุม (**Metabolism**) หมายถึงขบวนการเติมออกซิย์เจน เพื่อให้เกิดพลังงานในร่างกาย.

๒. จักรยานวัดงาน (**Bicycle ergometer**) หมายถึงจักรยานที่ใช้ถีบอยู่กับที่โดยมีน้ำหนักถ่วงให้ฝืดด้วยสายพานรอบล้อ ใช้สำหรับออกกำลังเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบการหายใจและการไหลเวียนของโลหิต, และคำณวนปริมาณงานที่กระทำได้.

๓. ความดันเลือดซิย์สโตลิค (**Systolic arterial blood pressure**) หมายถึงความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว.

๔. ความดันเลือดไดแอสโตลิค (**Diastolic pressure**) หมายถึงความดันโลหิตขณะหัวใจหย่อนตัว.

๕. **Maximum heart rate** หมายถึงอัตราสูงสุดในการเต้นของหัวใจ ซึ่งอาจจะมีได้ในแต่ละคน.

๖. ปริมาณงาน (**Work load**) หมายถึงความหนัก (**Intensity**)ของงานคิดเป็นกิโลปอนด์ (**kp**) และกิโลกรัมเมตรต่อนาที. สำหรับจักรยานโมนาร์ค(**Monark**) ที่ใช้, น้ำหนักถ่วง ๑ กิโลปอนด์ ทำให้ได้งานเท่ากับ ๓๐๐ กิโลกรัมเมตรต่อนาที.
๑ กิโลปอนด์ เท่ากับ แรงที่กระทำต่อมวลหนัก ๑ กรัมที่ความเร่งปกติของแรงดึงดูดของโลก. (**Acceleration of gravity**)