บทที่ ๑

บทนำ

ในการวัดงานหรือประสิทธิภาพของหัวใจและการหายใจนั้น ได้มีผู้พยายามศึกษาวิธีทดสอบเพื่อสร้างเป็นแบบมาตรฐานสำหรับใช้โดยทั่ว ๆ ไป. "การวัดสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดในขณะทำงานเป็นวิธีหนึ่งที่จะทราบถึงความอดทนของร่างกาย"[๑] ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพของหัวใจและการหายใจ. ออสตรานด์[๒] (Astrand) ได้เสนอการทดสอบเรื่องนี้โดยให้ความเห็นว่า การวัดงานหรือประสิทธิภาพของแต่ละคนนั้นต้องกระทำขณะที่กล้ามเนื้อกำลังทำงานในภาวะเกือบสูงสุด (Sub-maximal), และควรใช้กลุ่มกล้ามเนื้อใหญ่ ๆ ในการทดลองเพื่อหลีกเลี่ยงการที่กล้ามเนื้อที่ทำงานนั้นจะเกิดการล้าเสียก่อนที่ระบบการขนส่งออกซิเจ็นจะแสดงสมรรถภาพได้เต็มที่, ทั้งต้องพิจารณาความหนักเบาของงานอย่างรอบคอบโดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นตามหลักวิชาและสะดวกในการใช้. เครื่องมือเช่นนี้อย่างหนึ่งได้แก่จักรยานวัดงาน.

วิธีของ ออสตรานด์ สำหรับคำนวณปริมาณการจับออกซิเจ็นระหว่างการออกกำลัง, เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในขณะนี้, รวมทั้งที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทยของเราด้วย. พึงสังเกตว่า ออสตรานด์ ได้ตั้งหลักเกณฑ์ขึ้นจากผลการทดลองในชาวสวีเดน ซึ่งมีขนาดร่างกาย, อาหาร, และภาวะแวดล้อม เช่นอุณหภูมิ, และความชื้นแตกต่างจากคนไทย. อนึ่ง สิ่งที่แตกต่างนี้มีอิทธิพลเป็นอย่างมากทั้งในขณะออกกำลังกายและระยะฟื้นตัว (Recovery). เบิชส์[๓] (Burch) พบว่า ในอากาศร้อนชื้นหัวใจทำงานมากขึ้น,

---

๑ K. Lange Anderson, and J. Smith-Sivertsen, " Evaluation of Work Capacity and Exercise Tolerance, " Human Adaptability to Environments and Physical Fitness (Madras-3: Vepery Press Madras-7, 1966), p. 162.

๒ Lucien A. Brouha, " Effect of Work on the Heart," Work and the Heart (New York: Paul B. Hocber, Inc., 1959), p. 177.

๓ G. E. Burch, Work and the Heart (New York: Paul B. Hocber, Inc., 1959), p. 156.

และประสิทธิภาพในการทำงานน้อยลง. บรูฮา[๔] (Brouha) แสดงให้เห็นว่าในขณะทำงานอัตราชีพจรสูงสุดจะสัมพันธ์เป็นเส้นขนานกับอุณหภูมิแวดล้อม, และเมื่อเพิ่มความร้อนของอากาศขึ้น อัตราชีพจรจะเพิ่มขึ้นทั้งในขณะพักและขณะออกกำลัง. นอกจากนี้ เฮอกซ์ไฮเมอร์[๕](Herxheimer) ก็พบว่าในขณะที่ทำงานในภาวะ "อยู่ตัว" (Steady - state) ถ้าเพิ่มความร้อนในอากาศขึ้น, หัวใจจะเต้นเร็วขึ้นอย่างมาก. อุณหภูมิที่สูงและความชื้นที่มากเกินกว่า "เขตของความสะบาย" (Comfort zone) ทำให้มีภาระต่อร่างกายเพิ่มมากขึ้นในการทดลองวัดงาน (Ergometry) โดยไม่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของอากาศ, คือทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น, ปริมาณโลหิตฉีดต่อนาทีเพิ่มขึ้น, และช่วงความดันโลหิตกว้างขึ้น (ความดันขณะหัวใจบีบตัวและความดันขณะหัวใจหย่อนตัว), ซึ่งแสดงว่าร่างกายต้องใช้กำลังมากขึ้นในการควบคุมอุณหภูมิของตัวเอง.

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นที่น่าสงสัยว่าตัวเลขที่ ออสตรานด์ ให้ไว้อาจจะไม่ถูกต้องทีเดียวสำหรับคนไทย. ผู้วิจัยจึงได้เลือกศึกษาเรื่อง "การเปรียบเทียบผลการวัดการจับออกซิเจ็นขณะออกกำลังกาย ตามวิธีของ ออสตรานด์กับวิธีวิเคราะห์อากาศหายใจ" เพื่อทราบว่าเราจะใช้วิธีของ ออสตรานด์ในการทดสอบประสิทธิภาพของหัวใจและการหายใจในภาวะแวดล้อมของไทยเราด้วยความเชื่อถือได้เพียงไร. ทั้งนี้ถือหลักว่าวิธีวิเคราะห์อากาศหายใจ, ซึ่งวัดการใช้ออกซิเจ็นจริง ๆ ให้ผลที่แม่นยำ, และถือเป็นหลักเปรียบเทียบได้.

---

[๔] Lucien A. Brouha, " Heart Rate During Work," Work and the Heart (New York: Paul B. Hocber, Inc., 1959), p. 185.

[๕] เม็ลเลโรวิทซ์, การฝึกซ้อมกีฬา, ประสิทธิภาพและสุขภาพ, หลักวิชาและกฎเกณฑ์ทางชีววิทยา (อวย เกตุสิงห แปลและเรียบเรียง, ศูนย์วิทยาศาสตรการกีฬา, ๒๕๑๐), หน้า ๓๒.

การทบทวนเอกสารวิชาการเกี่ยวกับการวิจัย

การวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบผลการวัดสมรรถภาพการจับออกซิเจนระหว่างการออกกำลังโดยการคำนวณตามวิธีของ ออสตรานด์ กับโดยการวิเคราะห์อากาศหายใจโดยตรงนั้นในประเทศไทยยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษาค้นคว้ามาก่อนเลย. มีที่เกี่ยวข้องอยู่บ้างก็ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยในต่างประเทศ, ดังจะได้นำมากล่าวต่อไป.

ใน ค.ศ. ๑๙๖๔ เอินสท์ โจคล์[๖] (Ernst Jokl) ได้ศึกษาเรื่องอิทธิพลของพื้นที่ระดับสูงต่อสมรรถนะทางการกีฬา (The Effect of Altitude on Athletic Performance) โดยศึกษาจากสถิติการแข่งขัน แพนอเมริกัน เกมส์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๙๕๑ จนถึงปี ๑๙๖๓. เขาพบว่าในการแข่งขันในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ (๕,๓๐๐ ฟุตและ ๗,๕๐๐ ฟุต) สมรรถนะในด้านความอดทนของนักกีฬาลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ, และให้เหตุผลว่าอาจเป็นเพราะความดันเฉพาะส่วนของออกซิเจนน้อย ซึ่งเป็นเหตุให้สมรรถภาพการจับออกซิเจนของร่างกายลดน้อยลง.

ใน ค.ศ. ๑๙๖๖ โอ.จี. เอ็ดโฮล์ม[๗] (O. G. Edholm) ได้ทำการวิจัยการสนองตอบของคนอินเดียซึ่งเคยชินกับอากาศร้อนชื้น ต่อสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูง (40°C dry bulb, 32°C wet bulb, 25 cm./sec. air) โดยทดลองเปรียบเทียบกับคนอังกฤษที่มีขนาดและรูปร่างคล้ายกับคนอินเดีย. เขาพบว่าในขณะออกกำลังเท่า ๆ กันอุณหภูมิร่างกายของคนอินเดียต่ำกว่าคนอังกฤษ, อัตราสูญเสียเหงื่อมากกว่า, แต่อัตราชีพจรต่ำกว่า.

---

[๖] Ernst Jokl, " The Effect of Altitude on Athletic Performance," International Research in Sports and Physical Education (Springfield, Illinois: Charles C Thomas, 1964), pp., 361-368.

[๗] O. G. Edholm, " Acclimatisation to Heat in a Group of Indian Subjects," Human Adaptability to Environments and Physical Fitness (Madras-3: Vepery Press Madras-7, 1966), pp. 20-25.

ในปีเดียวกัน เค.ซี. สินฮา[๘] (K. C. Sinha) และคณะได้ทดลองให้ชาย ๑๕ คนอยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ, แล้วนำผลความเปลี่ยนแปลงของร่างกายมาเปรียบเทียบกัน. เขาพบว่าเมื่ออยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น, อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น, ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (ความดันเลือดซิย์สโตลิค) สูงขึ้น, ความดันโลหิตขณะหัวใจหย่อนตัว (ความดันเลือด ไดแอสโตลิค) สูงขึ้น, แต่ทั้งสองเริ่มลดลงภายหลังจาก ๑๕ นาทีไปแล้ว, และแรงดันชีพจรจะสูงขึ้น.

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. ๑๙๖๖) ราบินดรา นาธเซ็น[๙] (Rabindra Nath Sen) ได้คำนวณหาปริมาณความอดทนในการทำงานของกรรมกรชาย ๒๖ คนในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะที่มีอากาศร้อนแห้ง, และกรรมกร ๖๓ คนในโรงงานอุตสาหกรรมทอผ้าซึ่งมีอากาศร้อนชื้น โดยศึกษาอัตราชีพจร, ความดันโลหิต, อุณหภูมิภายในปาก, อุณหภูมิผิวกาย, และการใช้ออกซิย์เจ็น. เขาพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วกรรมกรที่อยู่ในโรงงานที่มีอากาศร้อนแห้งสามารถทำงานติดต่อกันได้นานกว่ากรรมกรที่อยู่ในโรงงานที่มีอากาศร้อนชื้น (๔๐ นาทีกับ ๘๐ นาที).

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. ๑๙๖๖) เอ็ม. เค. จัคคราบอร์ตี[๑๐] (M. K. Chackraborty) และ เอ. อาร์. กูฮา รอย (A. R. Guha Roy) ได้ศึกษาสมรรถภาพการจับออกซิย์เจ็นของกรรมกรอินเดีย โดยวิธีให้ออกกำลังถีบจักรยานและออกกำลังใช้มือหมุนข้อเหวี่ยง (Cranking) แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิจัยกับผลการวิจัยของ โรดาฮ์ล (Rodahl) ซึ่งทำการวิจัยสมรรถภาพการจับออกซิย์เจ็นในกรรมกรสวีเดน, อเมริกัน, และเยอรมัน. จัคคราบอร์ตี พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วกรรมกรชาวอินเดียมีสมรรถภาพการจับออกซิย์เจ็นต่ำกว่ากรรมกรของประเทศทางตะวันตก.

---

[๘] 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. 44-51.

[๙] Rabindra Nath Sen, " Studies on Tolerance to Dry and Wet Heat in Industrial," Human Adaptability to Environments and Physical Fitness (Madras-3: Vepery Press Madras-7, 1966), pp. 73-81

[๑๐] 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.

ในปี ค.ศ. ๑๙๖๗ ที. อิชิโกะ[๑๑] (T. Ishiko) ได้ศึกษาสมรรถภาพการจับออกซิย์เจ็นของนักวิ่งระยะไกลเปรียบเทียบกับนักกรีฑาประเภทลาน, โดยให้ทุกคนถีบจักรยานวัดงานตามวิธีทดสอบของ ออสตรานด์ (Astrand). แล้วเก็บอากาศหายใจออกมาวิเคราะห์ตามวิธีการของ ฮอลเดน (Haldane's technique). อิชิโกะ พบว่านักวิ่งระยะไกลมีสมรรถภาพการจับออกซิย์เจ็นสูงสุดมากกว่านักกรีฑาประเภทลาน (45.3 ml./kg./min. และ 34.4 ml./kg./min.) ผู้วิจัยให้ข้อสังเกตว่าค่าสมรรถภาพการจับออกซิย์เจ็นสูงสุดที่ได้นี้ต่ำกว่ามาตรฐานของนักกีฬาชาวยุโรปและอเมริกันเหนือมาก, ซึ่งเขาให้ข้อคิดเห็นว่าอาจเนื่องจากผู้ถูกทดลองไม่ได้รับแรงจูงใจที่ดีพอในขณะทำการทดลองถีบจักรยาน.

ในปี ค.ศ. ๑๙๖๙ เอ็ม. โยชิมูรา (M. Yoshimura) และ เอช. โยชิมูรา[๑๒] (H. Yoshimura) ได้ศึกษาลักษณะการปรับตัวของคนญี่ปุ่นต่ออากาศเย็น, เปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่คล้ายกันนี้ในชาวคอแคเชี่ยน (Caucasian). เขาพบว่าคนญี่ปุ่นมีลักษณะการตอบสนองต่ออากาศเย็นต่างจากชาวคอแคเชี่ยนทั้งในลักษณะ เมตะบอลิสุม (Metabolism) และการปรับตัว. ผู้วิจัยให้ข้อสังเกตว่าความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อม, นิสัยการกินอยู่, และโครงสร้างของร่างกาย.

ในปี พ.ศ. ๒๕๑๓ ศาสตราจารย์นายแพทย์อวย เกตุสิงห์[๑๓] และคณะได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราชีพจร, ความดันโลหิต, และน้ำหนักตัวของนักศึกษาชาย ๖ คนในการออกกำลังถีบจักรยานภายในห้องที่มีอากาศร้อนชื้นและร้อนแห้ง (Hot-humid and hot-dry) เพียงชั่วระยะ ๕ นาที. คณะวิจัยพบว่า ในขณะออกกำลังนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

---

๑๑ T. Ishiko, " Aerobic Capacity and External Criteria of Performance," The Canadian Medical Association Journal, 96(1967), 746-749.

๑๒ M. Yoshimura, and H. Yoshimura, " Cold Tolerance and Critical Temperature of Japanese," International Journal of Biometeorology (Vol. 13 No. 2 October 1969), pp. 163-172.

๑๓ 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: Sports Science Centre, 1970)

ระหว่างภาวะทั้งสอง, แต่ในระยะฟื้นตัว (Recovery) ในอากาศร้อนชื้น อัตราชีพจรลดลงช้ากว่าในอากาศร้อนแห้ง.

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาและเปรียบเทียบผลการวัดการจับออกซิเจ็นของร่างกายขณะออกกำลัง, ซึ่งคำนวณได้ตามหลักเกณฑ์ของ ออสตรานด์[๑๔] เพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์อากาศหายใจซึ่งเก็บไว้ในขณะออกกำลัง, เมื่อทำงานปริมาณต่าง ๆ กัน และในอุณหภูมิอากาศต่าง ๆ กัน.

ขอบเขตของการวิจัย

๑. ใช้ผู้ถูกทดลอง (Subjects) เป็นนิสิตชายที่มีสุขภาพแข็งแรง ๖ คน ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในแผนกพลศึกษา, คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

๒. วัดสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นในระหว่างการออกกำลังขี่จักรยานวัดงาน (เออร์โกมีเตอร์) โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณงาน (น้ำหนักถ่วง), และอุณหภูมิต่าง ๆ กัน, และทดลองภายในห้องซึ่งปรับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้. คำนวณผลตามวิธีของออสตรานด์เปรียบเทียบกับผลของการวิเคราะห์อากาศหายใจ.

ประโยชน์ของการวิจัย

๑. การวิจัยนี้ จะทำให้ทราบว่าวิธีคำนวณแบบของ ออสตรานด์ เหมาะที่จะใช้กับคนไทย หรือไม่, และการทดสอบประเภทนี้จะสมควรทำในอุณหภูมิและความชื้นเท่าใด.

๒. หากมีความแตกต่างอย่างสำคัญระหว่างสองวิธีที่เปรียบเทียบนี้, ก็อาจหาวิธีแก้การคำนวณให้ได้ผลดีขึ้น.

---

๑๔ Per-Olof Astrand, Work Tests with the Bicycle Ergometer (Verberg: Monark-Crescent AB), pp. 17-27.

๓. การวิจัยนี้จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิจัยที่เกี่ยวกับการออกกำลังในการกีฬา และการทำงานในอุตสาหกรรมในภายหน้า.

แผนการวิจัย

๑. ขอความร่วมมือจากแผนกพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย เพื่อคัดเลือกนิสิตชายที่มีสุขภาพแข็งแรง จำนวน ๖ คน. ในการทดลองอาศัยเครื่องมือและสถานที่ของศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา.

๒. ให้ผู้ถูกทดลองถีบจักรยานวัดงาน (เออร์โกมีเตอร์) โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณงาน (น้ำหนักถ่วง) และอุณหภูมิของอากาศต่าง ๆ กัน

๓. ปริมาณงาน (น้ำหนักถ่วง) ใช้ ๒ ระดับ, คือ กลาง, และสูง เช่น ๒.๕ กิโลปอนด์, ๓ กิโลปอนด์.

๔. อุณหภูมิ ใช้ ๓ ระดับ คือ ต่ำ (ประมาณ ๒๐°ซ) ; กลาง (ประมาณ ๓๐°ซ), และสูง (ประมาณ ๔๐°ซ).

๕. ระยะเวลา ใช้เวลาทดลองรวมทั้งการฝึกคนละประมาณ ๑๒ ครั้ง, โดยเว้นช่วงการทดลองครั้งละไม่ต่ำกว่า ๑ วัน.

๖. คำนวณสมรรถภาพการจับออกซิย์เจ็นโดยนับชีพจรตามวิธีการของ ออสตรานด์.

๗. เก็บอากาศหายใจออกในขณะออกกำลังถีบจักรยาน, วิเคราะห์หาปริมาณออกซิย์เจ็นที่ถูกใช้ไปตามหลักการวิเคราะห์แก๊สของ ฮอลเดน (Haldane).

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

การวิจัยในเรื่องนี้อาจมีสิ่งนอกเหนือจากที่ผู้วิจัยจะควบคุมได้ดังนี้, คือ

๑) เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ต้องอาศัยเครื่องมือหลายชิ้นประกอบกัน, ผลการวิจัยจึงขึ้นอยู่กับความแม่นตรงของเครื่องมือที่ใช้.

๒) การทดลองต้องใช้ระยะเวลานาน, คือผู้ถูกทดลองแต่ละคนจะต้องทำการทดลองทั้งหมดคนละ ๑๒ ครั้ง, โดยเว้นช่วงการทดลองครั้งละไม่ต่ำกว่า ๑ วัน. ดังนั้นสุขภาพของผู้ถูกทดลองในระหว่างการทดลองอาจมีการเปลี่ยนแปลงไป, และผลที่ได้ย่อมผันแปรไปด้วย.

๓) อาหารที่ผู้ถูกทดลองรับประทานมีผลต่อการใช้ออกซิเจ็นของร่างกาย มากน้อยต่างกัน, ซึ่งผู้วิจัยไม่อาจควบคุมในเรื่องนี้ได้.

ความหมายของคำที่ใช้ในการวิจัย

๑) "สมรรถภาพการจับออกซิเจ็น". (Oxygen-uptake capacity) หมายถึงความสามารถของร่างกายที่จะจับออกซิเจ็นไปใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย,

๒) ภาวะอยู่ตัว (Steady state). หมายถึงระยะเวลาที่การออกกำลังคงที่, การจับออกซิเจ็นคงที่, การใช้ออกซิเจ็นคงที่, ความต้องการออกซิเจ็นของร่างกายคงที่, และหนี้ออกซิเจ็นก็คงที่ด้วย, ซึ่งตรวจทราบได้ด้วยการนับอัตราชีพจรขณะออกกำลังกาย.

๓) การใช้ออกซิเจ็น (Oxygen consumption). หมายถึงปริมาณออกซิเจ็นที่ร่างกายใช้หมดไป.

๔) เมตะบอลิสุม (Metabolism). หมายถึงขบวนการเติมออกซิเจ็นเพื่อให้เกิดพลังงานในร่างกาย.

๕) สุขภาพแข็งแรง หมายถึงความไม่มีโรคภัยไข้เจ็บ ที่อาจตรวจพบได้โดยแพทย์, และมีสมรรถภาพในการทำงานในระดับปกติ.

๖) ปริมาณงาน (Work load). หมายถึงความหนัก (Intensity) ของงานคิดเป็นกิโลปอนด์ (kp.) และกิโลกรัมเมตรต่อนาที.

๑ กิโลปอนด์ = แรงที่กระทำต่อมวลหนัก ๑ กิโลกรัมที่ความเร่งปกติของแรงดึงดูดของโลก (Acceleration of gravity)