



บทที่ ๒

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้สำรวจและรวบรวมผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำงานของร่างกาย เพื่อศึกษาว่า เรื่องใดบ้างที่จะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

ปี ค.ศ. ๑๙๖๐ โฮล์มเกรนและคณะ (Holmgren, A., and others) ได้ศึกษายผลของการฝึกซ้อมต่อสมรรถภาพการทำงาน, ปริมาณฮีโมโกลบินทั้งหมด, ปริมาตรเลือด ปริมาตรหัวใจ, และอัตราการหายใจ พบว่า ค่า PWC₁₇₀ มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงกับสมรรถภาพการจับออกซิเจนของร่างกาย*

ปี ค.ศ. ๑๙๖๑ ดิลล์และคณะ (Dill and others) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานกับสภาพอากาศภายนอกร่างกาย โดยให้ผู้ถูกทดลองทำงานที่มีปริมาณงานเท่ากันในห้องปรับอากาศร้อนและเป็น ปรากฏว่าในการออกกำลังกายในห้องที่มีอากาศร้อน ปริมาณโลหิตที่หัวใจสูบฉีดใน ๑ นาที (Cardiac out-put) มากกว่าในการออกกำลังกายในห้องอากาศเย็น ๑ ลิตรถึง ๔ ลิตร การหายใจเร็วขึ้นใน ๑๐ นาทีแรก และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นช้าลง ๆ จนเสร็จสิ้นการออกกำลังกาย

003941

*Holmgren, A. and others, "Effect of training on Work Capacity, total hemoglobin, blood volume, heart volume and pulse rate in recumbent and upright position", Acta physiol. Second (1960), pp. 50, 72-83.

^๒D.B. Edwards Dill and others, "Physical performance in Relation to External Temperature", Physiology of Muscular Activity, (Philadelphia and London W.B. Saunders Company 1966). p. 213.

ปี ค.ศ. ๑๙๖๒ บรูฮาร์และ เอ็ม.อี.แมกซ์ฟิลด์ (L. Brouha and M.E. Maxfield) ได้ศึกษาภาวะความเครียดในการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้องออกแรงทำงานในอุณหภูมิร้อน และการฟื้นตัวหลังจากออกแรงในอุณหภูมินั้น ๆ บรูฮาร์และแมกซ์ฟิลด์ ได้ทดลองในห้องชีวอากาศ ให้ผู้ถูกทดลองเป็นชาย ๑ คน หญิง ๑ คน โดยถือจักรยานทำงาน พบว่าในการทำงานที่อุณหภูมิแวดล้อมสูง ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้หมดไปจะเพิ่มเป็นสัดส่วนกับปริมาณงานที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงขึ้น ส่วนการฟื้นฟูสภาพปกติของกล้ามเนื้อหลังจากการออกแรงในอุณหภูมิต่าง ๆ อุณหภูมิแวดล้อมไม่เป็นเครื่องชี้บ่งชี้ชัดเจนว่ากล้ามเนื้อที่ถูกใช้งานในภาวะเช่นนี้ จะทำให้กล้ามเนื้อมีความเครียดเพิ่มขึ้นหรือลดลง อัตราการเต้นของหัวใจจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นชัดเจนถึงสภาพความเครียดในการทำงานของกล้ามเนื้อ และการที่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นจากความร้อนทั้งภายในและภายนอกในการทำงานนั้น ๆ

ปี ค.ศ. ๑๙๖๒ เอ็ดโฮล์มและคณะ (Edholm and others) ได้ศึกษาผลการทำงานในภาวะแวดล้อมที่เย็นและร้อน ที่มีต่ออัตราการเต้นของชีพจรและอุณหภูมิภายใน การทดลองนี้ใช้ผู้ถูกทดลอง ๔ คน ฝึกยกน้ำหนักวันละ ๔ ชั่วโมง (ออกกำลัง ๓๐ นาที พัก ๓๐ นาที) เป็นเวลา ๒ สัปดาห์ กลุ่มแรกออกกำลังภายในอากาศเย็น อีกกลุ่มหนึ่งในอากาศร้อนเปรียบเทียบกัน จากการศึกษาพบว่า การออกกำลังในอากาศเย็น อัตราชีพจรและอุณหภูมิภายในขึ้นช้า แต่กลับสู่ปกติได้เร็วกว่าการออกกำลังภายในอากาศที่ร้อน ทั้ง ๆ ที่ในขณะที่ออกกำลังอยู่นั้น อัตราการเต้นชีพจรและอุณหภูมิภายในสูงขึ้น สำหรับการออกกำลังทำงานในอากาศร้อน อัตราการเต้นชีพจร และอุณหภูมิภายในของผู้ถูกทดลองในขณะที่ทำงานจะขึ้นเร็วและสูง และกลับสู่สภาพปกติหลังจากได้พักช้ากว่าการทำงานในอากาศเย็น พบว่าอัตราการเต้นชีพจรและอุณหภูมิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*L. Brouha, and M.E. Maxfield, "Practical Evaluation of Strain in Muscular Work and Heat Exposure by Heart Rate Recovery curve", Research Abstract, (Vol. 35 No. 1-1966). p. 87.

อุณหภูมิที่ลดลงสัมพันธ์กัน แต่อัตราการเต้นของชีพจรจะลดลงช้ากว่าอุณหภูมิกาย*

ปี ค.ศ. ๑๙๖๓ เบนซิงเจอร์ (Benzinger) พบว่าในขณะที่พักและอุณหภูมิของสมองส่วนฮัยโปธาลามัส (Hypothalamic temperature) อยู่ต่ำกว่า ๓๗°C . อัตราการเผาผลาญอาหารของร่างกายจะเพิ่มขึ้น และ ๗ อุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้ลงไปอีก ประสาทที่รับความรู้สึกเย็น (the cold receptors) ของผิวหนังจะทำงาน อัตราการเผาผลาญอาหารจะยิ่งเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ ๗ อุณหภูมิ ๑๘°C . ประสาทที่รับความรู้สึกเย็นจะแสดงปฏิกิริยาตอบสนอง^๒

ปี ค.ศ. ๑๙๖๓ บรูฮาร์และคณะ (Brouha and others) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของชีพจรและการใช้ออกซิเจนในระหว่างที่ทำงานในที่ร้อน พบว่า โดยทั่วไปการใช้ออกซิเจนในภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เท่ากัน ในการทำงานในที่ร้อน อัตราชีพจรไม่สามารถขึ้นถึงภาวะ "คงตัว (Steady State)" แต่อัตราชีพจรจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ใช้ออกซิเจนอยู่ในระดับคงที่ เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าการทำงานในที่ร้อน อัตราการเต้นของชีพจรจะแสดงให้เห็นผลต่างได้ดีกว่าใช้ออกซิเจน^๓

ปี ค.ศ. ๑๙๖๓ คอนโซลาซิโอและคณะ (Consolazio and others) ศึกษาเรื่องอุณหภูมิแวดล้อม (๓๐°F . และ ๑๐๐°F . ความชื้น ๓๐ เปอร์เซ็นต์) และการใช้พลังงาน ปรากฏว่าเมื่ออยู่ในอุณหภูมิ ๑๐๐°F . อุณหภูมิในร่างกายเวลาพักและเวลาที่ทำงานสูง

*O.G. Edholm, J.M. Adam and R.H. Fox "Effect work in Cool and Hot Condition on Pulse Rate and body temperature", The Research Quarterly, 1964. pp. 545 - 556.

^๒Per-Olof Astrand and Karre Rodahl, Textbook of Work Physiology (New York : McGraw-Hill, Inc, 1970), p. 505.

^๓L. Brouha and others. "Discrepancy between Heart Rate and Oxygen Consumption during Work in the Warmth", The Research Quarterly, 1964. pp. 1096 - 1098.

กว่าอุณหภูมิอื่น ๆ พลังงานที่ใช้ในภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เพิ่มขึ้นประมาณ ๑๒ เปอร์เซ็นต์ ในทุก ๆ อุณหภูมิ แม้เมื่อเคยชินกับอากาศร้อนแล้วการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมานี้ก็ยังคงอยู่^๑

ปี ค.ศ. ๑๙๖๖ ไพวอนกาและ โรบินสัน (Piwonka and Robinson) ได้ทำการทดลองให้นักกีฬาซึ่งได้รับการฝึกมาอย่างดีแล้วในภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (๔๐°ซ. ร้อนแห้ง, ๒๓.๕°ซ. ร้อนชื้น) จนเกิดความเคยชินกับการทำงานในอุณหภูมิดังกล่าวเป็นเวลา ๑ ปี หลังจากนั้นให้ผู้ถูกทดลองฝึกในอุณหภูมิ ๕๐°ซ. ร้อนแห้ง ๒๔°ซ. ร้อนชื้น โดยให้ฝึกทุกวัน ปริมาณงานเท่าเดิม พบว่าในครั้งแรกอุณหภูมิและอัตราการหายใจสูงขึ้น ความอดทนต่อความร้อนก็ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในวันต่อ ๆ มาการปรับตัวเพื่อให้เคยชินกับความร้อน โดยส่วนใหญ่จะมีการเพิ่มปริมาณโลหิตได้ผิวหนัง และการหลั่งเหงื่อเพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มอุณหภูมิที่ผิวหนัง^๒

ปี ค.ศ. ๑๙๖๗ อาร์ เมสซิน, เอส ดีกรี, พี. แวนเคอร์โมเทน และ เอช. ดีโนลิน (R. Messin, S. Degree, P. Vandermoten and H. Denolin) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายโดยใช้วิธี วิถี ๓ แบบ คือ มาสเตอร์ ยู สเต็ป เทสต์ (Master two Step Test) ฏูกิล (Treadmill Test) และจักรยานวิคงาน (Bicycle ergometer) สำหรับจักรยานใช้อัตราการรอบถีบ ๔๕ - ๗๕ รอบต่อนาที ผลปรากฏว่าในการทำงานสูงสุดอัตราการรอบถีบที่เหมาะสมคือ ๖๐ รอบต่อนาที และพบว่า การใช้จักรยานวิคงาน เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกแก่การทดสอบ ได้ผลแม่นยำและสามารถควบคุมการ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^๑Frank C. Consolazio and others. "Environmental Temperature and Energy Expenditures", The Research Quarterly, 1964. pp. 65-68.

^๒R.W. Piwonka and Sid Robinson, "Acclimatization of Highly Trained Men to Work in severe Heat", Journal of Applied Physiology, 26 (1969), pp. 31-37.

ทำงานได้

ปี ค.ศ. ๑๙๖๗ ชไนเคอร์ (Schneider) ได้ศึกษาพบว่า ในการออกกำลังโดย ด้ยจักรยานวิคังงาน เมื่อเพิ่มปริมาณงานขึ้น (Work Load) อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามด้วยเป็นลำดับ ข้อนี้แสดงให้เห็นว่า อัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับปริมาณการออกกำลัง จากการสังเกตพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขึ้นสูงสุดจนถึงขีดจำกัด (Limiting Value) ในคนที่ขาดการออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจอาจขึ้นสูงถึง ๒๕๐ - ๒๗๐ ครั้งก่อนที่ แต่ในคนส่วนมากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายเต็มที่ จะประมาณ ๒๐๐ ครั้งก่อนที่^๒

ปี ค.ศ. ๑๙๖๘ โทเรน (Thoren) ศึกษาการทำงานในขั้นเต็มที่และเกือบเต็มที่ ของเด็กนักเรียนพบว่า ค่า PWC_{170} มีความสัมพันธ์กับปริมาตรของหัวใจ สูงกว่าค่า PWC_{150} , PWC_{160} และ PWC_{180} ^๓

ปี ค.ศ. ๑๙๗๐ เปอร์-โอลอฟ ออสตรานด์ (Per-Olof Astrand) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Uptake) ในการทำงานเกือบสูงสุด (Submaximal Work Load) โดยด้ยจักรยานวิคังงาน ๕๐ รอบก่อนที่ พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในขณะที่ทำงาน และสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจในภาวะคงตัว (Steady State)

^๒R. Messin, S. Degree, P. Vandermoten and H. Denolin. "Ergometer in Cadiology", Internationales Seminar fur Ergometric (Berlin : Ergon-Verlag Lubwing Austermeur, 1967), pp. 15-16.

^๓Schneider, Physiology of Exercise, (Saint Louis : The C.V. Mosby Co., 1967), p. 99.

^๓Thoren, C. "Studien uber die submaximale and Maximale Arbeit bei Schulkindern", Zschr. arztl. Fortbild. 62 (1968), pp. 938-942.

ในการทำงานเกือบจะสูงสุดมาเป็นเครื่องบอกการใช้ออกซิเจนสูงสุด*

ปี ค.ศ. ๑๙๗๑ ฮิลล์และเบียร์ด (Hills and Byrd) ได้ทำการศึกษาเรื่องความแข็งแรง ความอดทน และการไหลของเลือดที่มีการฝึกแบบ "เกร็งกล้ามเนื้อ" (Isometric) โดยใช้ผู้ถูกทดลอง เพศชาย ๕ คน ออกกำลังกายถึงขีดสุดน้ำหนักสูงสุด สังเกตจนกระทั่งความสามารถลดลง ๕๐% บันทึกน้ำหนักและเวลาที่ได้น้ำหนักได้นาน แล้วนำผลไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์พบว่า การพัฒนาความแข็งแรง ความอดทน และการไหลเวียนของเลือดเมื่อออกกำลังกายมีนัยสำคัญ^๒

ปี ค.ศ. ๑๙๗๒ อเล็กซานเดอร์และคณะ (Alexander and Others) ได้ทำการศึกษาเรื่องอิทธิพลของความเย็นที่มีต่อการไหลของเลือดในลูกแกะอ่อน โดยให้ลูกแกะอายุน้อยกว่า ๒ วัน อยู่ในอุณหภูมิปกติและอุณหภูมิต่ำ แล้วใช้กัมมันตรังสีวัดปริมาตรการไหลของเลือดในเนื้อเยื่อต่าง ๆ พบว่า การไหลของเลือดไปสู่เนื้อเยื่อที่สร้างความร้อนเพิ่มขึ้น แต่การไหลไปสู่ผิวหนังบริเวณ ขา หู และสี่ข้างลดลง^๓

ปี ค.ศ. ๑๙๗๒ ลาร์รี่บี โรมฮาร์ทท์ เกตต์มาน (Larry Rhimeheart Gettman)

*Per-Olof Astrand, "Estimation of the Maximal Oxygen Uptake on the Basis of the Heart Response to Submaximal Work Load", Textbook of Work Physiology, 2d ed. Per-Olof Astrand, and Kaare Rodahl (New York : Mcgraw-Hill Book Co., 1970), pp. 617-619.

^๒William L. Hills and Ronald J. Byrd, "Strength Endurance and Blood Flow Responses to Isometric", The Research Quarterly, 42 (December 1971), p. 357.

^๓G. Alexander, A.W. Bell and J.R.S. Habs, "Effects of Cold Exposure on Tissue Blood Flow in the New-born Lamb", Journal of Physiology. 234 (October-November, 1973), pp. 65-75.

ได้ศึกษาอิทธิพลของน้ำหนักและสภาพร่างกายที่มีผลต่อการทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) และลู่วิ่ง (Treadmill) ผู้ถูกทดสอบเป็นนักเรียนชาย ๒๐ คน โดยแบ่งออกเป็น ๔ กลุ่มคือ กลุ่มที่ ๑ สภาพร่างกายปกติ น้ำหนักน้อย กลุ่มที่ ๒ สภาพร่างกายไม่ปกติ กลุ่มที่ ๓ สภาพร่างกายปกติ น้ำหนักมาก และกลุ่มที่ ๔ สภาพร่างกายไม่ปกติ น้ำหนักมาก ให้ทั้ง ๔ กลุ่มทดสอบโดยถีบจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) และวิ่งบนลู่วิ่ง (Treadmill) ความหนักของงานแบ่งออกเป็น ๓ ช่วง ทำนายการทำงานโดยใช้อัตราชีพจร ๑๕๐ ครั้งก่อนหน้าที เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยใช้ค่า PWC₁₇₀ ผลปรากฏว่า กลุ่มที่มีสภาพร่างกายปกติ น้ำหนักมาก ความสามารถในการทำงานได้ดีที่สุด แต่เมื่อคิดงานค่อนน้ำหนักตัว ๑ กิโลกรัม กลุ่มที่มีสภาพร่างกายปกติ น้ำหนักน้อย มีความสามารถในการทำงานได้ดีกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักมาก คนที่มีสภาพร่างกายปกติสามารถทำงานได้ดีกว่าคนที่มีสภาพร่างกายไม่ปกติ และเสนอแนะว่า ในการวัดความสามารถในการทำงานของร่างกาย ควรคำนึงถึงวิธีการที่ใช้วัดและกำหนดความหนักเบาของงานด้วย

ปี ค.ศ. ๑๙๗๒ เอ็ม ออสติน และคณะ (M. Ostyn and Others) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องอิทธิพลของน้ำหนักตัวที่มีผลต่อการทดสอบการทำงานระดับเกือบสูงสุด (Submaximal) ของนักกีฬา ผู้ถูกทดสอบ ๑๗๔ คน อายุ ๑๙ - ๒๑ ปี ทดสอบโดยถีบจักรยานวัดงาน ในเวลาเดียวกันคือ หลังจากเวลา ๑๒.๐๐ น. พบว่าอัตราชีพจร ๑๓๐ ครั้งก่อนหน้าที ผลงานที่ทำไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว แต่เมื่อเพิ่มความหนักของงานจนกระทั่งอัตราชีพจร ๑๗๐ ครั้งก่อนหน้าทีพบว่า ความสามารถในการทำงานขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว จากการทดสอบครั้งนี้เน้นความสัมพันธ์ด้านความแตกต่างในน้ำหนักของแต่ละบุคคล การกำหนดความหนักเบาของงานเริ่มต้นพิจารณาจากน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน ในการทดสอบครั้งนี้กำหนดงานเท่ากับ ๑ วัตต์ก่อนหน้าที

*Larry Rhineheart Gettman, "Influence of Body Weight and Physical Condition on Bicycle and Treadmill Submaximal Work", Dissertation Abstracts International 32 (March 1972) : 5017 A.

กิโลกรัม*

ปี ค.ศ. ๑๙๗๒ ฟรานซ์ (Franz) ได้ทำการทดสอบ PWC₁₇₀ กับชายที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง ๒๐ - ๓๐ ปี โดยเปรียบเทียบวิธีเพิ่มงาน ๓ วิธีต่างกันดังนี้ วิธีที่ ๑ เพิ่มงานขึ้นละ ๑๐ วัตต์ต่อนาที ใช้เวลาทั้งสิ้น ๖ นาที วิธีที่ ๒ เพิ่มงานขึ้นละ ๒๕ วัตต์ต่อ ๒ นาที ใช้เวลาทั้งสิ้น ๖ นาที วิธีที่ ๓ เพิ่มงานขึ้นละ ๑ วัตต์ต่อ ๑ กิโลกรัม ต่อ ๓ นาที นาทีที่ ๑ ถึงนาทีที่ ๓ ใช้ ๑ วัตต์ต่อ ๑ กิโลกรัม ต่อน้ำหนักตัว นาทีที่ ๔ ถึงนาทีที่ ๖ ใช้ ๒ วัตต์ต่อ ๑ กิโลกรัม ต่อน้ำหนักตัว พบว่าการทดสอบทั้ง ๓ วิธีดังกล่าวข้างต้น ค่า PWC₁₇₀ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ^๒

ปี ค.ศ. ๑๙๗๓ เบลล์และฟินด์เลย์ (Bell and Findlay) ทำการศึกษาเรื่องผลของความเย็นที่มีต่อการไหลของเลือดในขาหลังของวัว เขาได้ทำการทดลองกับวัวอายุ ๔ ถึง ๑๐ เดือน จำนวน ๔ ตัว โดยสอดเข็มกลาง (Vascular cannular) ใส่เข้าไปในหลอดเลือดแดงอิลีแอ็ค (Iliac artery) หลอดเลือดดำอิลีแอ็ค (Iliac vein) และหลอดเลือดแดงคาโรติด (Carotid artery) แล้วเอาตุลควัวไปไว้ในที่ซึ่งมี อุณหภูมิปกติ (๑๕° - ๑๖°ซ.) แล้วจึงให้อุณหภูมิเฉพาะบริเวณกล้ามเนื้อบางส่วนกันไว้ด้วยความเย็น (๐.๕° - ๑.๐°ซ.) มีลมพัดผ่านด้วยความเร็ว ๑๒๐ เมตรต่อนาที ผลปรากฏว่าการไหลของเลือดและการใช้ออกซิเจน

*M. Ostyn and others, "Influence of Body Weight on results obtained by sportman in Submaximal Work test", Internationes Seminar fur Ergometric 3 (Berlin: Ergon-Verlag Ludwing Austermeur, 1972), pp. 201-204

^๒Franz, Ingomar, "Verglichende Untersuchungen Zur Messung der PWC₁₇₀", Internationes Seminar fur Ergometric 3 (Berlin : Ergon-Verlag Ludwing Astermeur, 1972), p. 136.

ในสภาพแวดล้อมที่เย็นมีปริมาณมากกว่าในสภาพอากาศปกติ*

ปี ค.ศ. ๑๙๗๓ เจริญทัศน์ จินตนาเสรี ได้ศึกษาเปรียบเทียบ PWC₁₇₀ ซึ่งได้จากการเพิ่มงานที่ต่างกัน ๒ วิธี โดยให้ผู้ถูกทดลองเป็นชาย อายุระหว่าง ๑๑ - ๓๘ ปี โดยให้ทดสอบถึงจักรยานวัดงานทั้ง ๒ วิธี ทั้งนี้ วิธีที่ ๑ เพิ่มงานขึ้นละ ๒๕ วัตต์ต่อ ๒ นาที งาน ๓ ชั้น วิธีที่ ๒ เพิ่มงานขึ้นละ ๕๐ วัตต์ต่อ ๒ นาที งาน ๒ ชั้น ผลการทดสอบ PWC₁₇₀ ทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ^๒

ปี พ.ศ. ๒๕๑๗ วิจิตมาวดี เจริญวิรัช ได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการทำงาน โดยให้ผู้ถูกทดลอง ๕ คน ออกกำลังถึงจักรยานวัดงานจนหมดแรงในสภาพแวดล้อมปกติ ๒ ครั้ง คือ เมื่ออุณหภูมิปกติครั้งหนึ่ง และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าปกติอีกครั้งหนึ่ง โดยเว้นระยะห่างกัน ๓ วัน ผลปรากฏว่า ในการออกกำลังเมื่ออุณหภูมิต่างกันเล็กน้อย (๐.๕° ซ.) ปริมาณงานที่ทำได้ อัตราชีพจรสูงสุด อุณหภูมิที่ทวารหนักที่เพิ่มขึ้น ปริมาตรอากาศที่หายใจ และน้ำหนักตัวที่ลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .๐๕ ในทั้งสองสภาวะ คืออุณหภูมิปกติและอุณหภูมิสูงกว่าปกติเล็กน้อย (๐.๕° ซ.) ในระยะคืนสู่สภาพปกติ เวลาการคืนสู่สภาวะปกติของอัตราชีพจรและอุณหภูมิที่ทวารหนักใช้เวลามากกว่าการคืนสู่สภาพปกติของปริมาตรอากาศหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ ๐.๐๑ และระยะเวลาคืนสู่สภาพปกติของอุณหภูมิที่ทวารหนักขึ้นอยู่กับความร้อนที่สะสมใน

* A.W. Bell and J.D. Findlay, "The Effect of Cold on Blood Flow and Oxygen Consumption in the Hind Leg of the Ox", Journal of Physiology. 232 (July-August, 1973), pp. 94-95.

^๒ Chintanaseri, Charoentasn, "Untersuchung Zur Bestimmung de PWC₁₇₀ mit unterschiedlichen Leistungsstufen", (Inaugural Dissertation zur Erlangung medizinischen Doktorwurde an den medizinischen Fachbereichen der Freien Universitat Berlin, 1973).

ร่างกายระหว่างออกกำลัง*

ปี พ.ศ. ๒๕๑๗ นันทิยา พณิชยพงศ์ ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง "การใช้อัตรารอบถีบที่พอเหมาะกับความหนักของงานระดับต่าง ๆ ในการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายด้วยจักรยานวิคก่าลิ่ง" ผู้ถูกทดลอง ๔๐ คน แบ่งออกเป็น ๔ กลุ่ม ทดสอบคนละ ๔ ครั้ง ใช้อัตราถีบ ๓๐, ๔๐, ๕๐ และ ๖๐ รอบต่อนาที กลุ่มที่ ๑ ทำงาน ๔๕๐ กิโลปอนด์เมตรต่อนาที กลุ่มที่ ๒, ๓ และ ๔ ทำงาน ๖๐๐, ๗๕๐ และ ๙๐๐ กิโลปอนด์เมตรต่อนาที พบว่าการทำงานด้วยปริมาณงานเท่ากันแต่อัตรารอบถีบต่างกัน อัตราการเต้นของหัวใจในภาวะคงตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .๐๑ การใช้อัตรารอบถีบ ๓๐ รอบต่อนาที ไม่ควรนำมาใช้ในการทดสอบด้วยจักรยานวิคก่าลิ่งเพราะจะทำให้ผลที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง การใช้อัตรารอบถีบ ๔๐ รอบต่อนาที เป็นอัตรารอบถีบที่พอเหมาะเมื่อใช้กับงานไม่หนักมากนัก (๔๕๐ - ๔๗๐ กิโลปอนด์เมตรต่อนาที) แต่ไม่เหมาะสำหรับงาน ๙๐๐ กิโลปอนด์เมตรต่อนาที การใช้อัตรารอบถีบ ๕๐ รอบต่อนาที เป็นอัตราที่พอเหมาะกับการทำงานทุกระดับ การใช้อัตรารอบถีบ ๖๐ รอบต่อนาที เป็นอัตราถีบที่พอเหมาะสำหรับงานหนักเท่านั้น"

ปี พ.ศ. ๒๕๑๘ ตรีมิตร เจริญสุข ได้ศึกษาวิจัยถึงเรื่องอิทธิพลของอากาศร้อนเย็นต่อสมรรถภาพการทำงานของผู้นึ่งที่ศึกษาโดยวิธีเออร์โกเมตริย์ ใช้ผู้ถูกทดลอง ๒๐ คน ออกกำลังถีบจักรยานวิคก่าลิ่งในอากาศแวดล้อมต่างกันคือ ความชื้นสัมพัทธ์ ๗๐ - ๘๐% อุณหภูมิ ๔๐°ซ., ๒๘°ซ. และ ๑๘°ซ. ให้ผู้ถูกทดลองถีบจักรยานวิคก่าลิ่ง ๖ นาที จับชีพจรทุก ๑ นาที นำไปแปลผลเป็นสมรรถภาพสูงสุดในการจับออกซิเจนของร่างกายโดยใช้ตารางของ

* ฐิติมาวดี เจริญรัชต์, "อิทธิพลของอุณหภูมิร่างกายที่มีต่อความสามารถในการทำงาน" (วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ แผนกวิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๗).

* นันทิยา พณิชยพงศ์, "การใช้อัตรารอบถีบที่พอเหมาะกับความหนักของงานระดับต่าง ๆ ในการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายด้วยจักรยานวิคก่าลิ่ง" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ แผนกวิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๗).

ออสทรานด์ (Astrand) ผลปรากฏว่า การออกกำลังภายในที่เย็นจะทำงานได้นานกว่า เหนื่อยน้อยกว่าในที่ร้อน*

ปี พ.ศ. ๒๕๑๒ นีมานวล สดุดพานิช ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง "อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศ แวกค์ล้อมต่อสมรรถภาพการทำงานที่ศึกษาโดยวิธีเออร์โกเมตริย์" ให้ผู้ถูกทดลองถีบจักรยาน วัคงานในปริมาณงานเท่ากัน ความชันใกล้เคียงกัน ($๓๐ \pm ๑๐\%$) อุณหภูมิ ๒๐°ซ., ๒๕°ซ., ๓๐°ซ., ๓๕°ซ. และ ๔๐°ซ. ให้ผู้ถูกทดลอง ๑๕ คน ถีบจักรยานวัคงานในภาวะแวกค์ล้อม ต่างกัน ๖ นาที นับอัตราชีพจรทุก ๑ นาที นับชีพจรขณะที่อยู่ในภาวะคงตัว (Steady State) หากค่าสมรรถภาพสูงสุดในการจับออกซิเจน ผลปรากฏว่า ที่อุณหภูมิ ๓๕°ซ. กับ ๔๐°ซ. มีอิทธิพลต่ออัตราชีพจรขณะทำงานและสมรรถภาพการทำงานลดลงอย่างเห็นได้ชัด อุณหภูมิที่ พอเหมาะในการออกกำลังกายอยู่ระหว่างอุณหภูมิ ๒๐°ซ. ถึง ๓๐°ซ. และอุณหภูมิที่ทำให้ สมรรถภาพการทำงานของร่างกายลดลงอยู่ที่ระดับ ๓๕°ซ. ๒

ปี ค.ศ. ๑๙๓๕ เมลเลอร์วิทซ์ และดราน เฟลด์ (Mellerowicz and Dranfeld) ทำการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายด้วยวิธี PWC_{170} ในผู้หญิงและผู้ชาย อายุระหว่าง ๒๐ - ๓๐ ปี เพศละ ๑๐๐ คน โดยกำหนดงานเริ่มต้น ๑ วัคค์/๑ ก.ก. และ ๒ วัคค์/๑ ก.ก. เพิ่มงานทุก ๆ ๓ นาที พบว่าค่าปานกลางของ PWC_{170} สำหรับชาย เท่ากับ ๓ วัคค์/๑ ก.ก. (± ๕ วัคค์) สำหรับหญิงเท่ากับ ๒.๕ วัคค์/๑ ก.ก. ๓

*พริ้มเพรา ผลเจริญสุข, "อิทธิพลของอากาศร้อนเย็นต่อสมรรถภาพการทำงาน ของผู้หญิงที่ศึกษาโดยเออร์โกเมตริย์" (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาพลศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๔).

๒ นีมานวล สดุดพานิช, "อิทธิพลอุณหภูมิอากาศแวกค์ล้อมต่อสมรรถภาพการทำงาน ที่ศึกษาโดยวิธีเออร์โกเมตริย์" (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาพลศึกษา บัณฑิต- วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๔).

๓ Mellerowicz, Harald and Dranfeld, Ergometric, 2 Auflage. (Munchen-Berlin : Urban and Schwarzenburg, 1975), pp. 340 - 344.

ปี พ.ศ. ๒๕๒๑ ท้าวเรือง มีอภุศล ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง "ความสามารถในการทำงานของร่างกายในช่วงเวลาต่าง ๆ กันของวันที่วัดโดยวิธีเออร์โกเมทรี" ให้ผู้ถูกทดลอง ๒๐ คน ถีบจักรยานออกกำลังกายอิเล็กทรอนิกส์ในช่วงเวลาต่าง ๆ กันคือ ๘.๐๐ - ๑๐.๐๐ น., ๑๐.๓๐ - ๑๑.๓๐ น., ๑๓.๓๐ - ๑๔.๓๐ น., และ ๑๕.๐๐ - ๑๖.๐๐ น. โดยถีบจักรยานออกกำลังกายอิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบ PWC₁₇₀ เป็นเวลา ๖ นาที บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะได้ออกกำลังทุก ๆ นาที ผู้ถูกทดลองแต่ละคนมารับการทดสอบวันละ ๑ ครั้ง สัปดาห์ละ ๒ วัน คิดต่อกัน ผลปรากฏว่า การทดสอบ PWC₁₇₀ ในช่วงเวลาที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ๐.๐๑^๑

ปี พ.ศ. ๒๕๒๑ สมชาย ประเสริฐศิริพันธ์ ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง "การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายด้านความอดทนของชายไทยที่มีระดับอายุและอาชีพต่าง ๆ กันโดยวิธีทดสอบ PWC₁₇₀ โดยให้ผู้ถูกทดลอง ๒๒๓ คน อายุระหว่าง ๒๑ - ๒๕ ปี ได้ออกกำลังถีบจักรยานออกกำลังกายเป็นเวลา ๖ นาที บันทึกอัตราการหัวใจขณะได้ออกกำลังในช่วง ๕๐ - ๖๐ วินาทีของนาทีที่ ๒, ๔ และ ๖ ตามวิธีทดสอบ PWC₁₇₀ ผลการวิจัยพบว่า การเปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ ค่า PWC₁₇₀ ของกลุ่มอายุ ๒๑ - ๓๐ ปี สูงกว่ากลุ่มอายุ ๓๑ - ๔๐ ปี และ ๔๑ - ๕๐ ปี การเปรียบเทียบตามกลุ่มอาชีพ กลุ่มผู้ฝึกสอนกีฬา ผู้ตัดสินกีฬา และตำรวจ มีค่า PWC₁₇₀ สูงกว่ากลุ่มอาชีพคนงาน และกลุ่มอาชีพเสมียนพนักงาน ทหาร ชุกรการและสารบรรณ และนักศึกษา^๒

^๑ท้าวเรือง มีอภุศล, "ความสามารถในการทำงานของร่างกายในช่วงเวลาต่าง ๆ กันของวันที่วัดโดยวิธีเออร์โกเมทรี" (วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบัณฑิต แผนกวิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๑), หน้า ง.

^๒สมชาย ประเสริฐศิริพันธ์, "การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายด้านความอดทนของชายไทยในระดับอายุต่าง ๆ กันโดยวิธีทดสอบ PWC₁₇₀" (งานวิจัยศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, ๒๕๒๑), หน้า ง - จ.