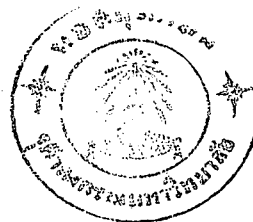


บทที่ ๑

บทนำ



การออกกำลังกายอยู่เสมอเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับคนในยุคปัจจุบัน ที่มักจะใช้เครื่องทุ่นแรงแทนการใช้กำลังกาย คนในสมัยโบราณต้องออกกำลังกายไม่ว่าจะเป็นการหาอาหารเพื่อยังชีพหรือการเดินทาง นับเป็นการออกกำลังกายตามธรรมชาติทั้งสิ้น แต่คนในยุคนี้จะมีโอกาสออกกำลังกายต่อเมื่อเล่นกีฬาหรือทำงานเล็ก ๆ น้อย ๆ สำหรับบางคนแทบจะไม่ได้เคลื่อนไหวเลยทั้งวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนที่นั่งทำงานอยู่กับที่เป็นประจำทำให้เป็นโรคต่าง ๆ อันเกิดจากการขาดการออกกำลังกาย ได้แก่ โรคร่างกายผิดปกติ, โรคหัวใจ, โรคความดันโลหิต, โรคหลอดเลือดและกล้ามเนื้อหัวใจตาย, โรคหลอดเลือดเสื่อมสภาพ, "โรคลม", โรคเกิดจากระบบประสาทเสรีไม่แข็งแรง, โรคเบาหวาน, โรคเกิดจากอวัยวะเสื่อมสภาพเร็วเกินกำหนด. ดังนั้น การฝึกให้ร่างกายได้ออกกำลังกายอยู่เสมอจึงเป็นสิ่งจำเป็น. ในการฝึกนั้นไม่จำเป็นจะต้องเป็นการฝึกทางกีฬาเพียงอย่างเดียว. การออกกำลังกายอย่างหนักประมาณ ๑๐ นาทีทุก ๆ วัน ก็เพียงพอที่จะทำให้ร่างกายแข็งแรง, กล้ามเนื้อเจริญเติบโต, ช่วยการขับเหงื่อ, ช่วยเจริญอาหาร, ช่วยขยายหลอดเลือด, ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด, ช่วยให้นอนหลับ และช่วยผ่อนคลายความตึงเครียด.

การฝึกอย่างสม่ำเสมอทำให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายทำงานได้ดี และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โอลด์ ลามาร์คเคียน (old Lamarckian)^๑ กล่าวไว้ว่า "การงานเป็นผู้สร้างอวัยวะ" (function makes an organ) กล้ามเนื้อส่วนใดที่ไม่ได้ถูกใช้งานจะแฟบเล็กลง ถ้าต้องการจะพัฒนากล้ามเนื้อส่วนใดจะต้องให้กล้ามเนื้อส่วนนั้นได้ทำงานอยู่เสมอ ทั้งนี้เพราะกล้ามเนื้อที่ถูกใช้อยู่เสมอขยายตัวโตขึ้น และมีกำลังมาก

๑. Peter V. Karpovich, Physiology of Muscular Activity (London: W.B. Saunders Company, 1962) p. 33.

กว่าเดิม. เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีมากขึ้น, องค์ประกอบและสารประจำที่สำคัญมีปริมาณเพิ่มขึ้น^๒ เช่นโปรตีน, แอลกอฮอล์อิน, กลัยโคเจน, เอ.ที.พี. มัยโอโกลบิน, กรดแอสคอร์บิก, วิตามินและเอ็นไซม์ต่าง ๆ. นอกจากนี้ยังมีหลอดเลือดฝอยภายในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นช่วยให้กล้ามเนื้อทำงานได้อย่างอดทนกว่าปกติและเหนื่อยช้าลง, ช่วยให้คนทำงานสภาพปกติเร็วขึ้น. ทั้งนี้เป็นผลจากความเปลี่ยนแปลงทางเคมีในร่างกายที่สามารถนำเชื้อเพลิงไปใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่. เชื้อเพลิงส่วนที่เหลือใช้ถูกเก็บไว้ในปริมาณมาก จึงมีออกซิเจนเหลือสำหรับใช้ในการไหลเวียนมากยิ่งขึ้น.

ระบบไหลเวียนเป็นระบบที่แสดงผลของการฝึกได้อย่างชัดเจน. ผู้ที่ฝึกก็ทำเป็นประจำจะมีปริมาตรหัวใจในเวลาพักใหญ่กว่าผู้ที่ไม่ได้ฝึกก็ทำ, ถ้าปริมาตรศูนย์กลางของหัวใจเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร และน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม, อัตราส่วนปริมาตรศูนย์กลางของหัวใจต่อน้ำหนักตัวของนักกีฬาและผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายจะอยู่ในช่วง ๐.๘๑ - ๑.๐๓ ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ ๑ กิโลกรัม, จากการทดสอบ คลาเรนซ์ เดอ มาร์^๓ (Clarence De Mar) ซึ่งเป็นนักกีฬาที่ฝึกเป็นเวลานานประมาณ ๒๐ ปี ปรากฏว่าปริมาตรของหัวใจต่อน้ำหนักตัวเป็น ๒.๘๘ ในขณะที่ผู้ที่ไม่ได้ฝึกทดสอบแบบเดียวกันได้ปริมาตรของหัวใจต่อน้ำหนักตัวน้อยกว่า ๑.๐, ในระหว่างที่ทำงาน ปริมาตรศูนย์กลางหัวใจของเดอ มาร์เพิ่มขึ้นเพียง ๒๖ เปอร์เซ็นต์, แต่ได้ปริมาณรวมมากกว่าหัวใจของผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเพิ่มขึ้น ๓๖, ๔๘ และ ๑๑๐ เปอร์เซ็นต์. นอกจากนี้มีปริมาตรศูนย์กลางของหัวใจเพิ่มขึ้นแล้ว หัวใจยังโตขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพด้วย, เนื่องจากกล้ามเนื้อหัวใจก็เหมือนกล้ามเนื้ออื่น ๆ จะโตขึ้นเมื่อมีการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการไหลเวียน. มีผู้ศึกษาผลของการฝึกต่อหัวใจ โดย

๒. อวย เกตุสิงห์ "กีฬายาวพิเศษ" สารกีฬาราช (พฤษภาคม - มิถุนายน ๒๕๑๑)

๓. A.V. Bock, C. Vancaulaert, D.B. Dill, A. Folling, and L.M. Hurxthal "Studies in Muscular Activity. III Dynamical Changes Occurring in Man At Work", Physiology of Muscular Activity (London: W.B. Saunders Company, 1962) p. 33



ใช้สัตว์ทดลอง. เขาแบ่งสัตว์ออกเป็นสองพวก. พวกหนึ่งให้มีการฝึกอย่างสม่ำเสมอ ส่วนอีกพวกหนึ่งให้อยู่เฉย ๆ . เมื่อฝึกไประยะหนึ่งก็ฆ่าสัตว์ทั้งสองพวก เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของหัวใจ. เขาพบว่าหัวใจของสัตว์ที่ได้รับการฝึกอยู่เสมอมีขนาดโต และหนักกว่าหัวใจของพวกที่อยู่เฉย ๆ . สำหรับคนไม่อาจทำการทดลองเช่นนี้ได้. แต่จากการวัดปริมาณหัวใจโดยวิธีรังสี ในคนที่ยังมีชีวิตอยู่ และการตรวจพนักกีฬาที่ถึงแก่กรรมโดยอุบัติเหตุพบหลักฐานแน่นอนว่า ผู้ที่ฝึกอยู่เสมอหัวใจโตและหนักกว่าผู้ที่ไม่ได้ฝึก. ผลของการที่หัวใจมีปริมาณมาก และขนาดโตขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพทำให้ระหว่างพักเฉย ๆ อัตราชีพจรช้า และปริมาณเลือดที่สูบฉีดต่อนาทีน้อยกว่าปกติ, ความดันเลือดซิสโตลิกต่ำลง, ช่วงห่างระหว่างความดันซิสโตลิกและไดอัสโตลิก (ความดันชีพจร) แคบเข้า, ช่วงห่างพักหัวใจทำงานน้อยลง, ปริมาตรการใช้ออกซิเจนของหัวใจลดลง, ปริมาตรสำรองของหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้น, ความเร็วของกระแสเลือดและคลื่นชีพจรลดลง, ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดมีมากขึ้น, หัวใจสามารถทำงานได้อย่างประหยัด, และทำการสำรองพลังงานไว้ได้มากกว่าปกติ. เมื่อมีการออกกำลังกายอย่างหนักหัวใจจึงสามารถเพิ่มปริมาณงานได้ตามความต้องการมากขึ้นด้วย.

สารประกอบทางเคมีของโลหิตที่สำคัญ คือ ฮีโมโกลบิน ซึ่งมีแร่เหล็ก เป็นส่วนประกอบ, สามารถจับออกซิเจนได้ เมื่อมีการฝึกอยู่เสมอทำให้เลือดมีจำนวน ฮีโมโกลบินสูงขึ้นทำให้ร่างกายมีสมรรถภาพในการขนส่งออกซิเจนสูงกว่าพวกที่ไม่มีการฝึกและมีอำนาจต้านทานโรคสูงกว่าด้วย. โซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งเป็นตัวรักษาคุลยระหว่างค่างกับกรด, โดยทำหน้าที่เป็น "กลางสำรอง" (Alkaline Reserve) ซึ่งจับคาร์บอน-

๔. Peter V. Karpovich, "Effect of Training upon the Heart," Physiology of Muscular Activity, (London: W.B. Saunders Company, 1962) p. 33

๕. เจริญทัศน์ จินตนาเสรี "ปริมาณหัวใจของนักกีฬาไทย" ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, ๒๕๑๓

โคออกไซค์, และกรดซึ่งเกิดมากขึ้นในระหว่างออกกำลัง. ฟูลล์และเฮอชไฮเมอร์ (Full and Herxheimer) พบว่านักกีฬาที่มีค่าสำรองโดยเฉลี่ย ~~๗๕.๗๖~~ เฮอร์เชินต์ ส่วนผู้ที่ไม่ไ้ชนักกีฬา มีเพียง ๖๕.๑๕ เฮอร์เชินต์ แสดงว่าค่าสำรองเพิ่มขึ้นได้ เมื่อมีการฝึกเสมอ ๆ . การเพิ่มขึ้นนี้ช่วยให้ร่างกายสามารถทนทานต่อกรดได้มากขึ้น, และออกกำลังได้นานทั้ง ๆ ที่กล้ามเนื้อได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ("หนี้ออกซิเจน")

ระบบหายใจเป็นอีกระบบหนึ่งที่แสดงให้เห็นผลของการฝึกได้เป็นอย่างดี. การฝึกทำให้ระบบหายใจเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายโครงสร้างและการทำงาน. กล้ามเนื้อกระบังลม, กล้ามเนื้อซี่โครงและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเจริญขึ้น. ทรวงอกขยายตัวเพิ่มขึ้นช่วยให้หายใจได้ลึกขึ้นเพราะมีช่องว่างในทรวงอกมากขึ้น. เฮอร์มิค (Hormicke) ศึกษาเกี่ยวกับการหายใจพบว่าในผู้ถูกทดสอบ ๒๐๐ คนที่ไม่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อกระบังลมขยายตัวเล็กน้อยมีอัตราการหายใจอยู่ในระหว่าง ๔ - ๒๑ ครั้งต่อนาที. ต่อมาให้ผู้ถูกทดลองเหล่านั้นฝึกกีฬา ปรากฏว่าการหายใจลึกและช้าลง และอัตราการเคลื่อนไหวของกระบังลมเป็นใหญ่. นอกจากนั้นการฝึกยังทำให้ "ความจุปอด" (Vital Capacity) เพิ่มขึ้น. ในการทำงานอย่างเดียวกันผู้ที่ฝึกอยู่เป็นประจำจะหายใจได้อย่างประหยัดอากาศเพราะร่างกายสามารถจับออกซิเจนได้มากขึ้น. หลังออกกำลังกายอัตราการหายใจจะกลับคืนสู่สภาพปกติเร็วกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก.

นอกจากนี้การฝึกอยู่เสมอจะมีผลต่อระบบประสาท ทำให้ประสาทอัตโนมัติทำงานได้ดียิ่งขึ้น. ระบบต่าง ๆ ของร่างกายจึงทำงานได้ประสานกัน. ต่อหมวกไต

๖. F.Full and M. Herxheimer: "Ueber die Alkaline Reserve" Physiology of Muscular Activity (London: W.B. Saunders Company 1962) p. 152

๗. L. Schwartz, R.H. Britten and L.R. Thompson. Studies in Physical Development and Posture, I The Effect of Exercise on the Physical condition and Development of Adolescent Boys. Physiology of Muscular Activity (London: W.B. Saunders Company 1962) p. 144.

จะมีการงอกเจริญขึ้น (Hypertrophy) และมีสารประเภทคอร์ติโคอยด์ เก็บสำรองไว้มากขึ้น. คับโตและหนักขึ้น, มีกลัยโคเจนและสารอื่น ๆ สะสมไว้มากขึ้น. ม้ามโตขึ้น, โดยเฉพาะในคนที่ฝึกออกกำลังกายอย่างหนักและติดต่อกันเป็นเวลานาน.

มอร์เฮาส์และมิลเลอร์ (Morehouse and Miller) ได้สรุปผลการฝึกต่อร่างกายอย่างมีนัย ๆ และสม่ำเสมออันเป็นผลจากการสังเกตในการทดลองทางงานมาตรฐาน. เขาพบว่ามีความเปลี่ยนแปลงดังนี้.-

๑. น้ำหนักตัว เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
๒. สามารถทำงานหนักได้นานขึ้น
๓. อัตราและความลึกของการหายใจในเวลาพักลดลงเล็กน้อย
๔. ปริมาณการถ่ายเทของอากาศในปอดน้อยลง (Pulmonary ventilation) ระหว่างที่ทำงานปานกลาง
๕. เมื่อทำงานหนักปริมาณอากาศที่หายใจต่อนาทีเพิ่มขึ้น
๖. สามารถใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption) ในระหว่างทำงานหนักได้มากขึ้น
๗. กลไกของร่างกายมีประสิทธิภาพดีขึ้น. สังเกตได้จากการใช้ ออกซิเจนต่ำกว่าเมื่อทำงานในปริมาณเท่าเดิม.
๘. สามารถนำกำลังสำรอง (anaerobic energy reserves) ไปใช้ได้มากขึ้น
๙. เพิ่มกลัยโคเจนและครีเอทีนในกล้ามเนื้อ

๑๐. อัตราชีพจรในเวลาพักชาลง
๑๑. ในระหว่างที่ทำงานปานกลางอัตราชีพจรเพิ่มขึ้นน้อยลง
๑๒. ปริมาตรของหัวใจมากขึ้น
๑๓. อัตราชีพจรและความดันโลหิตกลับสู่สภาพปกติได้รวดเร็ว หลังออกกำลัง
๑๔. กรดแลคติกในเลือดน้อยลง
๑๕. ในการทำงานหนักร่างกายสามารถทนทานต่อการมีกรดแลคติกในโลหิตได้สูงกว่าปกติ
๑๖. จำนวนการเคลื่อนไหวที่ไม่เกี่ยวข้องในการทำงานหนักลดลง
๑๗. การสั่งงานของประสาทเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น โดยไม่ต้องใช้ความพยายามมาก

ผลของการฝึกจะมากขึ้นเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณของการฝึกซ้อม, คุณภาพของการฝึกซ้อม, สภาพร่างกายของแต่ละบุคคลและปัจจัยภายนอกร่างกายซึ่ง ได้แก่ โภชนาการ, สภาพแวดล้อม, ฯลฯ. สภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบกระเทือนในการฝึก ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ, ความชื้นของอากาศและความกดของอากาศ

อุณหภูมิของอากาศนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญข้อหนึ่ง ที่มีผลกระทบกระเทือนต่อการฝึกซ้อมมาก, เมื่อออกกำลังกายในที่ ๆ มีอุณหภูมิสูง, จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณของการไหลเวียนเลือดในกล้ามเนื้อที่ทำงานและบริเวณผิวหนังขึ้น, ทำให้หัวใจต้องสูบฉีดโลหิตมาก

๕. เม็ดเลโรวิทซ์, การฝึกซ้อมกีฬา, ประสิทธิภาพและสุขภาพ, หลักวิชาและกฎเกณฑ์วิชาวิทยา" (อวย เกตุสิงห์ แปลและเรียบเรียง, ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, ๒๕๑๑)
หน้า ๒๓ - ๓๔.

ขึ้น. อุณหภูมิภายในร่างกายสูงขึ้น, ปริมาณของเหงื่อเพิ่มขึ้น, อัตราชีพจรเร็วขึ้น.^{๑๐} บาเซทท์^{๑๑} (Bazett) ได้บันทึกไว้ว่า อัตราการเต้นของชีพจรเพิ่มขึ้น 37 ครั้งต่อนาที เมื่ออุณหภูมิภายในร่างกายเพิ่มขึ้น ๑.๖° F ในการฝึกซ้อมกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน, ถ้าทำการซ้อมในที่ซึ่งมีอุณหภูมิสูง นักกีฬายอมเหนื่อยเหนื่อยเร็ว, ส่วนผู้ที่ทำการฝึกซ้อมในที่ ๆ มีอากาศเย็นจะฝึกได้ปริมาณมากและเป็นระยะเวลาานกว่าฝึกในอากาศร้อนเพราะเหนื่อยน้อยกว่าหรือช้ากว่า.^{๑๒} ข้อนี้เองทำให้สมรรถภาพของนักกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน เช่น ฟุตบอล, บาสเกตบอล, วิ่งมาราธอน ฯลฯ ที่อยู่ประเทศหนาวมีสมรรถภาพดีกว่านักกีฬาประเทศร้อน, โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศร้อนและชื้นเช่น ประเทศไทยของเรา.

จากข้อเท็จจริงที่แสดงมานี้ จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาว่าการฝึกปริมาณงานเท่ากันในที่ ๆ มีอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง, จะมีผลต่อความสามารถในการทำงานต่างกันเพียงใด. โดยเปรียบเทียบ และทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายได้มากขึ้นเพียงใดเมื่อกลับมาทำงานในอุณหภูมิปกติ.

๑๐. Morehouse and Augustus. Ibid P. 215

๑๑. H.C. Bazett, "Physiological Responses to Heat," Physiology of Exercise (Saint Louis: The C.V. Mosby, 1967) P. 248

๑๒. อวย เกตุสิงห์ "ข้อเสนอเกี่ยวกับการฝึกซ้อมของกีฬา สำหรับการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก ณ. เมืองมิวนิก ประเทศเยอรมันนี พ.ศ. ๒๕๑๔", สุขศึกษา, พลศึกษา, สันทนาการ (พระนคร ๒๕๑๓) หน้า ๔๔

การทบทวนเอกสารวิชาการเกี่ยวกับการวิจัย

การวิจัยที่เกี่ยวกับผลของการฝึกในอุณหภูมิต่างกันนั้น ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยของต่างประเทศ คงจะนำมากล่าวดังต่อไปนี้.

ในปี ค.ศ. ~~๑๙๕๕~~ โรเบิร์ต วิลลิ่งตัน เอลส์เนอร์ (Robert Wellington Elsner) ทำการวิจัยเรื่องผลของการฝึกต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนโดยใช้ประชากร ๔ กลุ่ม. กลุ่มที่หนึ่งเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยที่เป็นนักกีฬา. กลุ่มที่สองเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยที่ไม่เป็นนักกีฬา. กลุ่มที่สามเป็นผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกาย. กลุ่มที่สี่เป็นเอสกีโม. ให้ทุกคนฝึกวิ่งบนเทรคมิลล์ (Treadmill). ผลปรากฏว่าการใช้ออกซิเจน (Oxygen Consumption) ของทุกกลุ่มไม่ต่างกัน, แต่อัตราชีพจรของกลุ่มที่หนึ่งต่ำที่สุด, และอัตราชีพจรต่ำลงอีกหลังการฝึก. ในกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สี่การไหลเวียนโลหิตต่ำกว่าและการฟื้นตัวสู่สภาพปกติเร็วกว่ากลุ่มที่สองและสาม ประสิทธิภาพของการไหลเวียนที่กล้ามเนื้อของผู้ที่เป็นนักกีฬาและผู้ที่ได้รับการฝึกดีกว่าของผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกาย. นอกจากนั้นเขาพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อเล็กน้อย.

ในปี ค.ศ. ~~๑๙๖๒~~ โอ.จี.เอคโฮล์ม และคณะ ทำการวิจัยเรื่องผลของการทำงานในสิ่งแวดล้อมที่เย็นและร้อนต่ออัตราชีพจร และอุณหภูมิของร่างกาย, โดยใช้ผู้ถูกทดสอบ ๔ คน. ให้ฝึกยกน้ำหนักวันละ ๔ ชั่วโมง (ออกกำลัง ๓๐ นาทีพัก ๓๐ นาที) เป็นเวลา ๒ สัปดาห์ในที่เย็น ต่อมาให้ฝึกในที่ร้อนเป็นเวลา ๒ สัปดาห์เช่นกัน. หลังจากนั้น

๑๓. Robert Wellington Elsner, "Changes in Peripheyal Circulation with Exercise Training" Dissertation Abstracts 8 (1960). pp. 3351.

๑๔. 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.



ให้ฝึกในที่เย็นและร้อนสลับกันอย่างละวัน. ผลปรากฏว่าพลังงานที่ใช้ในภาวะแวดล้อมแต่ละอย่างไม่ต่างกัน. เมื่อฝึกในที่เย็น ๑ สัปดาห์, อัตราชีพจรและอุณหภูมิของร่างกาย ซึ่งเพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกาย และอัตราชีพจรและอุณหภูมิของร่างกายภายหลังออกกำลังกายไม่เปลี่ยนแปลงต่อไป ในการฝึกในที่ร้อน อุณหภูมิของร่างกายและอัตราชีพจรหลังออกกำลังกายสูงกว่าเมื่อฝึกในที่เย็น. ในการฝึกในที่ร้อนอัตราชีพจรและอุณหภูมิของร่างกายลดลงตามเวลาที่ฝึกไป, แต่ไม่ลดลงต่ำเท่ากับฝึกในที่เย็น.

ในปี ค.ศ. ๑๙๖๓ บรูฮา, ดูเชียนและคณะ^{๑๕} (Brouha, Lucien and Others) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในอัตราชีพจรและการใช้ออกซิเจนในระหว่างที่ทำงานในที่ร้อน. เขาพบว่าโดยทั่วไปการใช้ออกซิเจนในภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เท่ากัน ในการทำงานในที่ร้อน อัตราชีพจรไม่สามารถขึ้นถึงภาวะ "อยู่ตัว" (Steady state) อัตราชีพจรจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่การใช้ออกซิเจนอยู่ในระดับคงที่ เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าการทำงานในที่ร้อนอัตราชีพจรจะแสดงให้เห็นผลต่างได้ดีกว่าใช้ออกซิเจน.

ในปีเดียวกัน คอนโซลาซิโอ และคณะ^{๑๖} (Consolazio C. Frank and others) ศึกษาเรื่องอุณหภูมิของภาวะแวดล้อม (๗๐, ๘๕, ๑๐๐° F dry bulb, ความชื้นสัมพัทธ์ ๓๐%) และการใช้พลังงาน. ปรากฏว่าเมื่ออยู่ในอุณหภูมิ ๑๐๐° F อุณหภูมิในร่างกายในเวลาที่พักและที่ทำงานสูงกว่าในอุณหภูมิอื่น ๆ พลังงานที่ใช้ในภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เพิ่มขึ้นประมาณ ๑๖ เปอร์เซ็นต์ในทุก ๆ อุณหภูมิ แม้เมื่อเคยชินกับอากาศร้อนแล้วการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมานี้ก็ไม่เปลี่ยนแปลง.

๑๕. Brouha, Lucien and others "Discrepancy between Heart Rate and Oxygen Consumption during Work in The Warmth, The Research Quarterly (1964) pp. 1096 - 98.

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

ในปี ค.ศ. ๑๙๖๖ โอล.จี.เอ็ดโฮล์ม^{๑๗} (O.G. Edholm) ศึกษาเรื่องการสนองตอบของคนอื่นเกี่ยวกับอุณหภูมิสูง (40°C dry bulb, 37°C Wet bulb, 1.5 cm/sec , air) โดยเปรียบเทียบกับคนอังกฤษที่มีรูปร่างเท่ากัน. ให้ฝึกก้าวขึ้นลงมาสูง ๑๕ นิ้วทุก ในอัตรา ๑๓ ครั้งต่อนาทีเป็นเวลา ๓๐ นาที, พัก ๓๐ นาทีทำอยู่นาน ๒ เดือน ปรากฏว่าเมื่อออกกำลังกายเท่ากัน อุณหภูมิร่างกายและอัตราชีพจรของคนอื่นต่ำกว่าของคนอังกฤษ, แต่อัตราการหายใจสูงกว่่าคนอังกฤษ

ในปีเดียวกัน เค.ซี.สินฮา^{๑๘} (K.C. Sinha) และคณะได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความดันเลือดในระหว่างที่อยู่ในที่ร้อน. ได้ทดลองโดยให้ชาย ๑๕ คน ที่มีสุขภาพดี, อายุระหว่าง ๒๐ - ๒๕ ปี, ให้อยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิ 35°C และความชื้นสัมพัทธ์ ๕๐%. ผลปรากฏว่าอุณหภูมิที่ผิวหนังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ, อุณหภูมิที่ปากเพิ่มขึ้นเล็กน้อย, อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นมาก. ความดันโลหิตในช่อง ๑๕ นาทีแรกสูงกว่าก่อนทดสอบเล็กน้อย, แต่ในการวัดครั้งสุดท้ายกลับน้อยกว่าครั้งแรก.

ในปี ค.ศ. ๑๙๗๐ ฮาโรลด์ บี.ฟอลส์ และ แอล. เดนนิส ฮัมฟรีย์^{๑๙} (Harold B. Falls and L. Dennis Humphrey) ทำการวิจัยเรื่องผลของการพรมน้ำเย็นที่ผิวหนังทุก ๓ นาที, ทุก ๒ นาทีและทุก ๕ นาที ต่ออุณหภูมิที่ผิวหนัง และการทำงานของหัวใจ. เขาพบว่าอัตราชีพจรในขณะทำงานเมื่อมีการพรมน้ำเย็นด้วย ต่ำกว่าเมื่อทำงานโดยไม่มีพรมน้ำเย็น. แต่การขึ้นตัวสู่อุณหภูมิของชีพจรไม่ต่างกัน.

๑๗. O.G. Edholm, "Acclimatisation 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.

๑๘. K.C. Sinha and others "Observations on the Blood Pressure Change During Short Term Heat Exposure", Human Adaptability to Environments and Physical Fitness (Madras - 3. Vepcry Press Madras - 1, 1966) pp. 20 - 25.

๑๙. Harold B. Falls and L. Dennis Humphrey, "Effect of Length of Cold Showers on Skin Temperatures and Exercise Heart Rate" The Research Quarterly, 41 (1970) pp. 353 - 359.

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเปรียบเทียบผลของการฝึกความอดทนในการออกกำลังกายในที่มีอุณหภูมิสูงกับที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เพื่อจะหาเหตุผลว่าทำไมผู้ที่อยู่ในประเทศหนาวจึงมักจะมีสมรรถภาพสูงกว่าผู้ที่อยู่ในประเทศร้อน ในด้านความอดทนในการออกกำลังกาย.

ความมุ่งหมายเฉพาะ

๑. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานระหว่างการฝึกและเมื่อสิ้นสุดการฝึกของผู้ที่ถูกทดสอบในอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ
๒. เพื่อศึกษาผลของการฝึกต่ออัตราชีพจร การหายใจและความดันเลือดซึบส์โคลิก.

ขอบเขตของการวิจัย

๑. ใช้ผู้ถูกทดลอง ๑๒ คน ซึ่งเป็นนักศึกษาชายกำลังศึกษาอยู่ในวิทยาลัยพศศึกษาปีที่ ๓ ๑๐ คน, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ๑ คน และกำลังเรียนอยู่ชั้น ม.ศ. ๕ โรงเรียนครุพิพทยา ๑ คน ทุกคนมีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง โดยได้รับการตรวจจากแพทย์แล้ว.

๒. ฝึกความอดทนโดยการใช้การถีบจักรยานวัดงานในห้องชีวอากาศทุกวัน ยกเว้นวันเสาร์และอาทิตย์ วันละ ๑ ครั้ง (๘ ถึง ๑๐ นาที) งานที่ฝึก ใช้ความหนักประมาณ ๘๐ % ของความสามารถ, ซึ่งทดสอบในอุณหภูมิปกติ (ภายนอกห้องชีวอากาศ).

๓. เปรียบเทียบผลของการฝึกต่อความสามารถในการทำงาน, อัตราชีพจร, การหายใจและความดันเลือดในขณะทำงานและการฟื้นตัว (recovery) ทั้งนี้ทดสอบในอุณหภูมิปกติ.

๔. อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการฝึกคือ อุณหภูมิสูง ๔๐° ซ, อุณหภูมิต่ำ ๒๐° ซ, ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 60 ± 5 %

ประโยชน์ของการวิจัย

๑. การวิจัยนี้น่าจะมีประโยชน์ต่อการกีฬาของประเทศไทยมาก, อาจนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงการฝึกกีฬาประเภทออกทนทุกประเภทเพื่อให้นักกีฬามีสมรรถภาพ
๒. เพื่อแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติที่ภาวะแวดล้อมมีความสำคัญต่อผลของการฝึกกีฬา ดังนั้น จึงต้องจัดภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการฝึกโดยเฉพาะอย่างยิ่งกีฬาประเภทใช้ความออกทน
๓. การวิจัยนี้นอกจากมีประโยชน์ต่อการฝึกซ้อมกีฬาแล้ว ยังอาจนำไปใช้ปรับปรุงการทำงานประเภทที่ต้องทำอยู่เป็นเวลานาน เช่น การทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม, ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น

แผนการวิจัย

๑. ขอความร่วมมือจากวิทยาลัยพลศึกษา และคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อคัดเลือกนักศึกษาที่มีสุขภาพแข็งแรงและมีอายุ, น้ำหนักตัว, ส่วนสูง และสมรรถภาพทางกายใกล้เคียงกัน สำหรับสมรรถภาพทางกาย ใช้ทดสอบด้วยวิธีฮาร์วาร์ด สเตป เทสต์ (Harvard Step Test)
๒. การทดสอบนี้ทำในห้องชีวอากาศของศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา ที่สามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นได้ตามความประสงค์
๓. แบ่งผู้ถูกทดลองทั้ง ๑๖ คน ออกเป็นสองกลุ่มโดยพิจารณาให้มีอายุ น้ำหนัก ส่วนสูงและสมรรถภาพทางกายเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกัน.
๔. ในขั้นต้นให้ผู้ถูกทดลองออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) จนกระทั่งไม่สามารถจะถีบต่อไปได้, ในอุณหภูมิและความชื้นปกติ (ภายนอกห้องชีวอากาศ) จากนั้นคำนวณสมรรถภาพการทำงานของแต่ละคน.
๕. กำหนดงานที่จะใช้ในการฝึกต่อไปให้ใกล้เคียง ๘๐ เปอร์เซ็นต์ ของงานที่ทดสอบได้ (ข้อ ๔).
๖. ให้ผู้ถูกทดลองฝึกโดยถีบจักรยานทุกวัน (เว้นวันเสาร์และอาทิตย์) วันละ ๑ ครั้ง ในเวลาเดียวกันแต่ละครั้ง ทดสอบทุกวันเป็นเวลา ๕ สัปดาห์

๗. ในการฝึกแต่ละครั้งทำการบันทึกอัตราการชีพจรก่อนออกกำลังกายและขณะออกกำลังกาย, ซึ่งนำหน้าตัวก่อนและหลังการฝึก.

๘. ทำการทดสอบสมรรถภาพสูงสุดในการทำงาน โดยการถีบจักรยานวัดงาน, และทดสอบฮาร์วาร์ด สเตป เทสต์ (Harvard Step Test) ทุกสองสัปดาห์เพื่อติดตามผลของการฝึกประจำวัน.

๙. นำผลที่ได้จากการทดสอบ (ข้อ ๘) มาเปรียบเทียบกันเพื่อทราบความแตกต่างในผลของการฝึกในอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ, เกี่ยวกับสมรรถภาพในการทำงาน, อัตราชีพจร, การหายใจและความกันเลือด.

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

๑. ในการวิจัยครั้งนี้ควบคุมเฉพาะการฝึกความอดทนเท่านั้น ไม่มีการควบคุมในค่าน้ำอาหาร, การออกกำลังกายอื่น ๆ และการพักผ่อนซึ่งอาจจะทำให้ผลการวิจัยคลาดเคลื่อนได้.

๒. การทดลองนี้ทำในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นเวลาที่ผู้ถูกทดสอบใกล้เคียงใบไม้, ทำให้ผู้ถูกทดสอบต้องนอนก็อยู่เสมอ และมีความกังวลใจเกี่ยวกับการสอบ. บางครั้งสุขภาพของผู้ถูกทดสอบไม่สมบูรณ์ เช่น เป็นหวัดบ่อย ๆ เหตุเหล่านี้อาจทำให้ผลของการฝึกคลาดเคลื่อนได้.

๓. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ บางชิ้นประดิษฐ์ขึ้นเองภายใต้คำแนะนำของศาสตราจารย์นายแพทย์อวย เกตุสิงห์ ดังนั้นความแม่นยำของการวิจัยอาจจะไม่สมบูรณ์

ความหมายของค่าที่ใช้ในการวิจัย

๑. หนี้ออกซิเจน (Oxygen Debt) หมายถึง การขาดออกซิเจนในกล้ามเนื้อ ระหว่างการออกกำลังกายและหลังออกกำลังกาย, ทำให้ร่างกายต้องการออกซิเจนมากกว่าปกติ.

๒. "ความจุปอด" (Vital Capacity) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่หายใจออกได้มากที่สุด ภายหลังจากที่หายใจเข้าอย่างเต็มที่

๓. การงอกเจริญขึ้น (Hypertrophy) หมายถึงการเจริญเติบโตของอวัยวะต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ, เช่นที่เกิดเนื่องจากออกกำลังกายอยู่เสมอ.

๔. ฮาร์วาร์ด สเตป เทสต์ (Harvard Step Test) หมายถึงการทดสอบสมรรถภาพของร่างกายเกี่ยวกับระบบไหลเวียนเลือดตามวิธีของ ฮาร์วาร์ด (Harvard)

๕. ปริมาณงาน (Work load) ต่อหน้าที่ หมายถึงความหนัก (Intensity) ของงานคิดเป็นกิโลปอนด์ และกิโลกรัมเมตร คูณด้วยระยะเวลาต่อหน้าที่.

๑. กิโลปอนด์ = แรงที่กระทำต่อมวลหนัก ๑ กิโลกรัม ที่มีความเร่ง

ปกติของแรงดึงดูดของโลก (Acceleration of Gravity)

๒. วัตต์ หมายถึงจำนวนงานที่สามารถทำได้

๑๖.๓๕ วัตต์ = ๑๐๐ กิโลปอนด์เมตรต่อนาที.