



การออกกำลังกายเป็นกระบวนการธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตให้อยู่อย่างมีปกติสุข¹ และในการออกกำลังกายดังกล่าวกล้ามเนื้อทำหน้าที่สำคัญคือ ผลิต (contract) เพื่อให้มีการเคลื่อนไหวหรือทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ขึ้น, อาทิเช่น การเต้นของหัวใจ, การหายใจ, การย่อยอาหาร, การเคลื่อนไหวอวัยวะต่าง ๆ ตลอดจนการทำงานด้วยมือเท้าของเรา, กล้ามเนื้อต่าง ๆ มีคุณสมบัติบางประการเหมือนกัน เช่น ไวต่อการรับ หรือ สมองตอบคว่ำสิ่งกระตุ้น (Stimulus) สามารถนำพลังงานกระตุ้น (impulse) จากส่วนหนึ่ง ไปสู่ส่วนอื่น, มีความสามารถในการหดตัว, มีความยืดหยุ่นและคืนเข้าสู่ปกติได้, แต่ในขณะที่กล้ามเนื้อจะทำหน้าที่ดังกล่าวได้ ออกซิเจน (Oxygen) นับว่าเป็นตัวการเกี่ยวของที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง, เพราะออกซิเจนที่สูดเข้าไปกับอากาศหายใจเข้านั้น เมื่อเข้าไปถึงปอดจะทำการแลกเปลี่ยนกันระหว่างอากาศในถุงลมปอดกับเลือด โดยการแพร่ (diffuse) ผ่านผนังบาง ๆ ของถุงลมปอด และผนังของหลอดเลือดฝอย ซึ่งผนังมีลักษณะดังต่อไปนี้², การแพร่ผ่านของออกซิเจนนี้อาศัยความแตกต่างของความดันและความเข้มข้นของอากาศในถุงลมปอดกับในเลือด³ และความแพร่ผ่านได้ (diffusibility) ของผนังถุงลม, ตามปกติความดันของออกซิเจนในถุงลมปอดสูงกว่าในเลือด, ดังนั้นออกซิเจนจึงแพร่เข้าสู่กระแสเลือดและรวมตัวอย่างหลวม ๆ กับ เฮโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดง

¹อวย เกตุสิงห์, บทบรรณาธิการ, "กีฬายาวิเศษ", สารศิริราช, 20 (พฤษภาคม-มิถุนายน 1964) หน้า 67.

²Karpovich V. Peter, Physiology of Muscular Activity (W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1959), P.105-126.

³Morehouse, E. Laurence, and Miller T. Augustus Jr., Physiology of Exercise, (The C.V. Mosby Company, Saint Louis, 1967) p.152.

ส่วนหนึ่ง, และละลายในพลาสมา (plasma) อีกเล็กน้อย⁴. เลือดนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการเผาผลาญอาหารในกล้ามเนื้อให้เกิดพลังงานและความร้อน (energy) การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นการปล่อยพลังงานออกใช้เป็นแรงงาและเป็นความร้อนทำให้อุณหภูมิในร่างกาย. พลังงานที่ปล่อยออกนี้ได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเซลล์กล้ามเนื้อซึ่งเป็นผลจากการใช้ออกซิเจนในร่างกายนั่นเอง. ปริมาณออกซิเจนที่ส่งไปยังกล้ามเนื้อจะมากขึ้น หรือลดลงน้อยลงนั้นขึ้นอยู่กับการไหลเวียนของโลหิตในกล้ามเนื้อ, การทำงานของหัวใจ, และการไหลเวียนของโลหิต (Cardiovascular) ระบบการหายใจ (Respiratory system), และการถ่ายเทอากาศในปอด⁵ (Pulmonary Ventilation)

ปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอถือว่าเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตและในการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ลดลงการ⁶. เมื่อร่างกายจำเป็นต้องทำงานเพิ่มขึ้นเท่าใด, ปริมาณการใช้ออกซิเจนเพื่อเผาผลาญอาหารให้เกิดเป็นพลังงาน และความร้อนก็จะเพิ่มขึ้นเพียงนั้น, ซึ่งแสดงให้เห็นว่าออกซิเจนนั้นสำคัญ และจำเป็นต่อร่างกาย, ร่างกายต้องใช้ออกซิเจนทั้งในขณะพัก, ขณะทำงานหรือออกกำลังกาย. สำหรับในการทำงานที่มีปริมาณงานเพิ่มขึ้น, และกลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกนำมาใช้ในการทำงานนั้นมากขึ้น, ร่างกายก็มีความจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้น. ยิ่งกว่านั้นปริมาณการใช้ออกซิเจนยังขึ้นอยู่กับสภาพความแตกต่างของสมรรถภาพสูงสุดของแต่ละบุคคล เกี่ยวกับการนำออกซิเจนเข้ามาในร่างกายในขณะทำงานอีกด้วย⁷.

⁴Morehouse, Miller, op.cit. P.152.

⁵Morehouse, Miller, loc.cit. P.152.

⁶K.M. Bykov, and Others, Text Book of Physiology. (Foreign Languages Publishing House, Moscow, 1958) P.471-475.

⁷Karpovich, Ibid. P.65-67.

ในส่วนที่เกี่ยวกับอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) และความชื้น, อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นในบรรยากาศนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจ และการหายใจซึ่งเกี่ยวข้องกับคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายน้อยบ้าง. อุณหภูมิแวดล้อมยิ่งสูงอัตราการไหลออกซิเจนของร่างกายจะเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย ถ้าอุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น 10°ซ. จากปกติปริมาณการไหลออกซิเจนของร่างกายจะสูงขึ้นประมาณเท่าตัว. ฉะนั้น ในการทำงานหรือออกกำลังกายหนักในอุณหภูมิแวดล้อมที่ร้อน และความชื้นสูงนั้นว่ามีอันตรายต่อสุขภาพมาก⁸. ถ้าอยู่ในอุณหภูมิแวดล้อมต่ำ (ต่ำกว่า 20°ซ.) อัตราการไหลออกซิเจนจะสูงขึ้น, เพราะร่างกายของทำงานผลิตความร้อนเพิ่มขึ้นสำหรับต่อต้านความเย็นในสภาวะแวดล้อมนั้น. โดยการทดลอง เบิร์ช (Burch)⁹ ได้พบว่าในสภาวะแวดล้อม ที่มีอากาศร้อนเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในบรรยากาศสูง, การทำงานของหัวใจ, อัตราการหายใจ, การไหลเวียนโลหิตก่อนที่ จะเพิ่มมากและเร็วขึ้น. ส่วนประสิทธิภาพในการทำงานจะไม่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ เหนื่อยเร็วกว่าปกติ, ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในสภาวะเช่นนี้ร่างกายต้องใช้กำลังมากขึ้นในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้อยู่ในสภาพปกติ. เกี่ยวกับการหดตัวของกล้ามเนื้อ,¹⁰ กล้ามเนื้อจะหดตัวได้ดีเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้นพอเหมาะ. ถ้าอุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มสูงมากเกินไป, ความร้อนจะช่วยให้กล้ามเนื้อเสียคุณสมบัติในการทำงานของตัวเองไป. ในทางตรงกันข้าม เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมลดต่ำลงกล้ามเนื้อจะหดได้บ่อยของ, กล้ามเนื้อ ต้องใช้ช่วงแฝงเตรียมตัว (Latent Period) นาน, และมีช่วงในการผ่อนคลาย (Relaxation Period) ช้ามากขึ้น

⁸Karpovich, Ibid., P. 246-259.

⁹G.E. Burch. Work and the Heart, (New York), Paul B. Hoeber, Inc., 1959, P.156.

¹⁰ลอว หุรางกูร, คู่มือสรีรวิทยาสำหรับนักศึกษาพยาบาล, (บริษัทคนเมืองการพิมพ์ จำกัด เชียงใหม่, 2512) หน้า 24.

ในปี 1945 ชาวเดนมาร์ก 2 คน ชื่อ Asmussen และ Bøje¹¹ ได้ศึกษาเกี่ยวกับ อุณหภูมิ และการทำงานของกล้ามเนื้อ. เขาพบว่า กล้ามเนื้อ ถ้าได้รับการบวคด้วยความร้อน ที่พอเหมาะก่อนใช้ทำงานเล็กน้อย, จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง. ส่วน เฮอซไฮเมอร์ (Herxheimer)¹² ได้พบว่าถ้าความร้อนในบรรยากาศมีมากขึ้นหัวใจจะเต้นเร็ว, ปริมาณโลหิตที่หัวใจบีบค่อนาทีเพิ่มขึ้น, ช่วงความดันโลหิตกว้างขึ้น. เมลเลโรวิทซ์¹³ ได้กล่าวเกี่ยวกับการฝึกซ้อมกีฬาว่า ความชื้นของอากาศมีผลต่อการฝึกซ้อม, คือ คนที่ไม่เคยชินกับความชื้น น้อย ร่างกายจะมีอากาศผิดปกติ, คือ จะรู้สึกกระหายน้ำ และต้องการน้ำมากขึ้นทั้ง ๆ ที่อาจไม่มีเหงื่อออกเลยหรือมีเพียงเล็กน้อย, แต่ร่างกายต้องเสียน้ำจากการระเหยจากผิวหนังอยู่ ตลอดเวลา.

อนึ่ง, เมื่อก้าวถึงการแพร่ผ่าน (Diffuse) ของออกซิเจนในปอดควรจะ กำกับว่าการแพร่ผ่านนี้มีค่าคงที่อยู่ที่ตลอดเวลา, หรือเปลี่ยนแปลงความภาวะของการทำงานของ ร่างกาย. คิดตามเหตุผลน่าจะเห็นว่า, ถึงแม้ว่าความแพร่ผ่านได้ (Diffusibility) ของเยื่อปอดจะเปลี่ยนแปลงได้ไม่มากนัก, แต่ความแตกต่างในความดันของแก๊สออกซิเจนในเลือดดำที่ไหลกลับมาถึงผนังของถุงลม, เปรียบกับความดันของแก๊สในถุงลม (ซึ่งมาจากอากาศหายใจเข้า) คงจะเปลี่ยนแปลงได้ง่าย. โดยเฉพาะในเวลาทำงานหนัก, กล้ามเนื้อใช้ ออกซิเจนหมดไปมากกว่าปกติ เลือดดำที่ไหลกลับเข้าสู่ถุงลม คงจะมีออกซิเจนน้อยลง

¹¹Karpovich, Ibid., P.15.

¹²เมลเลโรวิทซ์, การฝึกซ้อมกีฬา, ประสิทธิภาพและสุขภาพ, หลักวิชาและกฎเกณฑ์ของชีววิทยา, (อวย เกตุสิงห์ แปลและเรียบเรียง, ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, 2510), หน้า 32. (อัคราเนา).

¹³เมลเลโรวิทซ์, "ข้อเสนอเกี่ยวกับการฝึกซ้อมของกีฬา," วารสารสหศึกษาพลศึกษาและชั้นนวกการ, (อวย เกตุสิงห์ แปลและเรียบเรียง, ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, 1 ธันวาคม), หน้า 48.

ถึงมี ส่วนเทียบระหว่างความเข้มข้นของแก๊สในเลือดดำกับในอากาศของถุงลมควรจะมีค่าสูงขึ้น, คือ การแพร่ผ่านของแก๊สจะดีขึ้นเอง. หากถือว่าอย่างนี้ น่าจะเป็นกลไกอย่างหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้ร่างกายเมื่อมีความต้องการมากขึ้น.

จะเห็นได้ว่าออกซิเจนมีบทบาทต่อการเคลื่อนไหวและการทำงานทั้งในขณะปกติและขณะออกกำลังกาย. แต่อย่างไรก็ตามการไหลเวียนของเลือดก็มากน้อยแตกต่างกันไปตามปัจจัยอื่น ๆ, เช่น อัตราของร่างกาย, ความหนักของงาน, ระยะเวลาของการทำงาน, อุณหภูมิ, ความชื้นของอากาศ, ผู้สภาพของผู้ทำงาน, เชื้อชาติ, และขนาดของร่างกาย.

โดยเหตุนี้จึงเป็นสิ่งที่จะทำให้การศึกษาหาความรู้ในการทำงานที่ ๆ มีปริมาณของงานต่าง ๆ กัน และมีภาวะอุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ กันมี ร่างกายใช้ออกซิเจนเข้าไปไม่เท่ากันทำให้เกิดพลังงานต่าง ๆ กัน, และหายใจอากาศเข้าไปในร่างกายมีปริมาณเท่าไรเป็นสัดส่วนกับอย่างใดบ้าง. ถ้าจะถามว่าใครจะพูดได้ว่าผู้วิจัยจึงได้ออกศึกษาเรื่อง "การศึกษาส่วนเพิ่มของออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไป กับปริมาณอากาศหายใจเข้า (Respiratory Equivalent) ในระหว่างการทำงานระดับต่าง ๆ ในอุณหภูมิที่ต่างกัน" เป็นหัวข้อในการถาวรวิจัยครั้งนี้ เพื่อเสนอข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง เป็นประโยชน์แก่ส่วนรวม, โดยเฉพาะในด้านการศึกษาของผู้ฝึกกีฬาประเภทต่าง ๆ ที่จะหาความรู้ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้กับการกีฬาต่อไป.

บททวนเอกสารวิชาการเกี่ยวกับการวิจัย

การวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาหาส่วนเทียบค่าของออกทียีเจนที่ถูกใช้หมดไปกับปริมาณอากาศหายใจเข้า (Respiratory Equivalent) ในระหว่างการทำงานระดับต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมที่ต่างกันนั้น, ในประเทศไทยได้มีผู้ศึกษาและค้นคว้าไว้น้อย. ที่มีเก็บรวบรวมอยู่บ้าง ส่วนใหญ่เป็นผลงานวิจัยในต่างประเทศ ซึ่งพอจะนำมากล่าวได้ดังต่อไปนี้.

เมื่อปี ค.ศ. 1966 โอ.จี. เอ็ดโฮล์ม¹⁴ (O.G. Edholm) แห่งสถาบันแพทยประเทศอังกฤษ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับสภาพเคยชินอากาศ และการปรับตัวของร่างกายในการทำงาน, หรือออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน. เอ็ดโฮล์มใช้ผู้ทดลอง 2 กลุ่ม เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกัน. กลุ่มแรกเป็นชาวอินเดียที่มีความเคยชินกับสภาพอากาศร้อนชื้นสูง ซึ่งเลือกมาจากที่ต่าง ๆ กัน. อีกพวกเป็นชาวอังกฤษที่ทำงานประจำอยู่ในประเทศอินเดียเอง. ลักษณะประชากรที่เอ็ดโฮล์มเลือกมา, ชาวอินเดียมีอายุสูงกว่าชาวอังกฤษโดยเฉลี่ย. และสมรรถภาพทางกายร่างกายทั่วไปเช่น อัตราการหายใจ, อุณหภูมิกาย, ลักษณะต่อมเหงื่อ และการเสียบเหงื่อ, ขนาดของกล้ามเนื้อ, ความจุปอด, อดทนน้ำหนักตัวและส่วนสูงใกล้เคียงกัน. การฝึกแย่งเป็น 2 ช่วง. ช่วงแรกให้ฝึกร่วมกันในประเทศอินเดียโดยใช้อุณหภูมิความร้อนเท่ากับที่ชาวอินเดียเคยชินเป็นเวลา 2 เดือน. ช่วงที่ 2 ใช้การฝึกในประเทศอังกฤษ, ในห้องปรับอุณหภูมิ, ปรับอุณหภูมิสูงเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยของร่างกายของผู้ทดลอง. แล้วเพิ่มอุณหภูมิที่ฝึก 2 สัปดาห์. ก่อนทำ จะให้ผู้ทดลองพัก 30 นาที, จับชีพจร, วัดอุณหภูมิกาย, ชั่งน้ำหนักตัว. งานที่กำหนดให้ทำคือก้าวขึ้นลง บนน้ำสูง 12 นิ้ว ทำ 12 ครั้งต่อนาที นาน 30 นาที ผลของการศึกษาเปรียบเทียบโดยการทดลองพบว่าในครั้งแรกอัตราการเสียบเหงื่อของคนอินเดียจะสูงกว่าคนอังกฤษอย่างมีนัยสำคัญ. ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจและอุณหภูมิกายต่ำกว่าของ

¹⁴O.G. Edholm, "Acclimatisation to Heat in a group of Indian Subjects and Physical Fitness," Human Adaptability to Environments and Physical Fitness. (Madras-3; Vopery Press Madras - 7, 1966), P. 20-25.

คนอังกฤษ. ส่วนในครั้งที่ 2 พบว่าลักษณะดังกล่าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเคยชินจะมีผลทำให้การปรับตัวของร่างกายในการทำงานของอวัยวะต่างๆ มีสมรรถภาพดีขึ้น.

ในปี 1962 วิลเลียม ยูจีน วิลกัส¹⁵ (William Eugene Wilgus) แห่งมหาวิทยาลัยโอไฮโอ ได้วิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนระหว่างการทำงานแบบแอโรบิก (Aerobic) และแบบอะแนโรบิก (Anaerobic) ทั้งนี้เพื่อศึกษาว่าในการกำหนดงานให้ผู้นักทดลองทำ 3 ประเภท คือภาวะงานคงที่ (Steady Work Load) งานเบา-หนัก (Light-Heavy Conditions) และงานหนัก-เบา (Heavy-Light Conditions), การหัดตัวของกล้ามเนื้อในการทำงานแบบไหนจะใช้ออกซิเจนแตกต่างกัน. ในการทำทดลองครั้งนี้ วิลกัส ใช้ผู้นักทดลอง 7 คน, ให้ถีบจักรยานวัดงาน 60 รอบ ต่อ นาที ทำงาน 3 ประเภทดังกล่าว. ภาวะงานคงที่ ให้ถีบจักรยานให้ไต่งานเท่ากับ 200 วัตต์. งานเบา-หนัก ให้ถีบจักรยานสลับกัน; ใน 2 นาทีแรกให้ไต่งานเท่ากับ 100 วัตต์, 2 นาทีที่ 2 เริ่มแรงถีบจักรยานให้ไต่งานเป็น 200 วัตต์, และ 2 นาที สุดท้ายเพิ่มแรงถีบจักรยานให้ไต่งานเป็น 300 วัตต์. งานหนัก-เบา, ให้ผู้นักทดลองถีบจักรยานสลับกันโดยให้ถีบจักรยานจากหนักมาเบา. ใน 2 นาทีแรกถีบจักรยานให้ไต่งาน 300 วัตต์ 2 นาที นาทีที่ 2 ถีบจักรยานจากหนักมาเบา, ใน 2 นาที สุดท้ายท้ายถีบจักรยานให้ไต่งาน 100 วัตต์. ในการออกแรงถีบจักรยานนี้ วิลกัส ใช้เวลา 6 นาที เท่ากัน. การเก็บอากาศหายใจ, วิลกัส ใช้วิธีแบบวงจรเปิด (Open-Circuit Techniques). เก็บอากาศหายใจออกในสไปโรมิเตอร์ 3 เครื่อง, แบ่งอากาศเข้าถุงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจน, คาร์บอนไดออกไซด์ ตามกรรมวิธีของฮอลเดน (Haldane). จากการทดลองครั้งนี้พบว่าการทำงานในภาวะงานคงที่กับการทำงานเบาไปหางานหนักค่าเฉลี่ยของปริมาณใช้ออกซิเจน ที่ถูกใช้หมดไปมีความแตกต่าง

¹⁵William, Eugene Wilgus. "A Comparison of Efficiency Between Aerobic and Anaerobic Work." Doctor's Dissertation: (Department of Education, University of Ohio), 1962.

กัน อย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น .05, และการทำงานในภาวะงานคนที่กับการทำ จากหนักมาทำงานเบา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่น .06. ผลของ การทำงานทั้ง 3 ประเภทนี้แสดงให้เห็นว่าการทำงานในภาวะงานคงที่ประสิทธิภาพการจับ ออกซิเจนของร่างกายดีกว่าการทำงานเบาไปหาหนัก และหนักไปหาเบา.

ในปี 1962 เค.ซี.ซิงฮา และ คณะ¹⁶ (K.C. Sinha and Others) ได้ทดลองให้ชาย 15 คน อยู่ในห้องทดลองที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ กัน. แล้วทดสอบปฏิกิริยาสนอง ตอบเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงทางร่างกายของแต่ละคนแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน. พบ ว่า เมื่ออยู่ในอุณหภูมิสูงขึ้น, อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น, ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (systole) สูงขึ้น, ความดันโลหิต ขณะหัวใจหยอมตัว (diastole) สูงขึ้น, แต่ความ ดันโลหิตเริ่มลดลงสู่ปกติหลังจากพักได้ 15 นาทีไปแล้ว.

และในปีเดียวกัน ราบินดรา นาทเซน¹⁷ (Rabindra Nathsen) ได้คำนวณ ตามปริมาณความอดทนในการทำงานของกรรมกรชายในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะ ซึ่งจำเจ อยู่กับสภาพอากาศแวดล้อมที่ร้อน และ แห้ง (Hot-Dry) จำนวน 26 คน เปรียบเทียบ กับกรรมกรในโรงงานอุตสาหกรรมทอผ้า, ซึ่งมีสภาพอากาศร้อนชื้น (Hot-Humid), โดย ศึกษาอัตราการเต้นของชีพจร, ความดันโลหิต, อุณหภูมิภายในปาก, อุณหภูมิผิวหนัง, และการ ใช้ออกซิเจนในขณะทำงาน. เขาพบว่า โดยเฉลี่ยแล้ว, กรรมกรที่ทำงานอยู่ในโรงงานที่มี อากาศร้อน-แห้ง สามารถทนทานต่อการทำงานติดต่อกันได้นานกว่ากรรมกรที่ทำงานอยู่ในสภาพ อากาศแวดล้อม ร้อน-ชื้น อย่างมีนัยสำคัญ. ข้อนี้แสดงให้เห็นว่าในอากาศร้อน-แห้งนั้นร่างกาย ตายเหตุความร้อนออกสู่ภายนอกได้ดีกว่าในอากาศร้อนชื้น. ดังนั้นบุคคลจึงสามารถทนต่อการทำ งานได้นานกว่า

¹⁶K.C. Sinha, and Others, "Observation on the Blood Pressure Change During Short term Heat Exposure": Human Adaptability to Environments and Physical Fitness. (Vepery Press Madras-7, 1966), P.107-109.

¹⁷Rabindra Nathsen. op.cit., P.107-119.

ในปี 1960 เลเมล โดฟ อัลดูบิ¹⁸ (Lemel Dov Aldubi) แห่งมหาวิทยาลัยนิวยอร์ก, ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของการหายใจออกซิเจนบริสุทธิ์ และการหายใจออกซิเจนในบรรยากาศธรรมดาที่มีต่อการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในการออกกำลังกาย. ในการวิจัยนี้ อัลดูบิ ใช้ผู้ทดลอง 6 คน ในทำงานหนัก-เบาแตกต่างกัน, และในการออกแรงทำงานทั้งกล่าว ให้ผู้ทดลองหายใจออกซิเจนจากบรรยากาศ และออกซิเจน 98 % การตรวจหาปริมาณการหายใจเข้าและปริมาณการหายใจที่ถูกใช้หมดไป, อัลดูบิ ใช้วิธีเก็บอากาศและการใช้ออกซิเจนทั้งระบบแบบเปิด (Open Circuit) และระบบปิด (Closed Circuit) เพื่อเปรียบเทียบกัน. งานที่คำนวณให้ทำแบ่งเป็น 2 ชนิดคืองานหนัก และงานเบา. งานเบาให้เดินบนเทรคมิลล์ (Treadmill) ตั้งเสียงด้วยความเร็ว 3.5 ไมล์ต่อชั่วโมง. ส่วนงานหนักให้วิ่งบนเทรคมิลล์ที่ตั้งเสียงไว้ด้วยความเร็ว 6.9 ไมล์ต่อชั่วโมง จากการวิจัยพบว่า ในการทำงานหนักเป็นเวลานาน ๆ การหายใจออกซิเจนบริสุทธิ์เข้าสู่ร่างกายจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานนั้น ๆ คือ, มีความทนทานในการทำงานสูง และเหนื่อยช้ากว่าปกติ. การทำงานโดยการหายใจออกซิเจนบริสุทธิ์จะทำให้มีปริมาณออกซิเจนหายใจเข้า-ออก มากกว่าปกติจากการหายใจออกซิเจนในบรรยากาศ. ออกซิเจนบริสุทธิ์ช่วยลดปริมาณการหายใจเข้า-ออก ระหว่างการทำงาน และการคืนสู่สภาวะปกติภายหลังการทำงานทุกชนิดเร็วกว่าการหายใจออกซิเจนในบรรยากาศ

ในปี 1962 แอล. โบรฮาและ เอ็ม.อี.แมกซ์ฟีลด์¹⁹ (L. Brovha and M.E. Maxfield) ได้ศึกษาถึงภาวะความเครียดในการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้องออกแรง ทำงานในอุณหภูมิร้อนและการฟื้นตัวหลังจากออกกำลังกายในอุณหภูมิเย็น ๆ. โบรฮาและแมกซ์ฟีลด์ ได้ทดลองในห้องชีวอากาศ

¹⁸Lemel Dov Aldubi, "The Effect of Oxygen Intake on the Physiological cost of Exercises of two Different Work-Loads", Doctor's Dissertation. (Department of Education, University of New York), 1960.

¹⁹Brovha, L., and Maxfield, M.E. "Practical Evaluation of Strain in muscular work and Heat Exposure by Heart Rate Recovery curves." Research Abstract, (Vol.35 No.1-1966), P.87.

ใช้ผู้ทดลองเป็นชาย 1 คน และ หญิง 1 คน, โดยให้เต็มจักรยานบังคับงาน, จากถาวรวิจัยพบว่าในการทำงานที่อุณหภูมิแวดล้อมสูงปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้หมดไปจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณงานที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงขึ้น. ส่วนการฟื้นฟูสภาพปกติของกล้ามเนื้อหลังจากได้ออกแรงทำงานในอุณหภูมิต่าง ๆ อุณหภูมิแวดล้อมไม่ เป็นเครื่องชี้ที่จะบอกได้ชัดเจนว่ากล้ามเนื้อที่ถูกใช้งานในภาวะเช่นนั้นจะทำให้กล้ามเนื้อ มีความเครียดเพิ่มขึ้นหรือลดลง. โบรฮาร์โคกล่าววว่า อัตราการเต้นของหัวใจจะเป็น เครื่องชี้ให้เห็นได้ชัดเจนถึงสภาพความเครียดในการทำงานของกล้ามเนื้อและการที่ กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นจากความร้อนทั้งภายในและภายนอกในการทำงานนั้น ๆ.

ในปี 1962 เอ็ดโฮล์ม, โอ.ยี., และคณะ²⁰ (Edholm, O.G. and Others) ได้ศึกษาผลจากการทำงานที่อุณหภูมิเย็น และที่อุณหภูมิร้อนที่มีต่ออัตราการเต้นของชีพจรและ อุณหภูมิกายใช้ผู้ทดลอง 8 คน. ให้ออกกำลังทำงานทุกวัน วันละ 4 ชั่วโมง เป็น เวลา 2 สัปดาห์. งานที่กำหนดให้ทำคือยกกล่องหนัก 50 ปอนด์ ขึ้นลง เป็นช่วง ๆ ช่วงละ 30 นาที. พักระหว่างช่วง 30 นาที, สลับกันจนครบ 4 ชั่วโมง. ในการทดลองนี้แบ่งผู้ทดลองเป็น 2 กลุ่ม ๆ แรกออกกำลังทำงานที่อุณหภูมิเย็น, อีกกลุ่มในที่อุณหภูมิ ร้อน, เพื่อเปรียบเทียบกัน. พบว่าในการออกกำลังทำงานในอุณหภูมิของทั้งสองกลุ่ม ดังกล่าวอัตราการเผาผลาญอาหารภายในร่างกายไม่พบว่าเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง. การออกกำลังทำงานในที่เย็น อัตราการเต้นชีพจร, อุณหภูมิกายขึ้นช้า, แต่กลับสู่อุณหภูมิ เร็วกว่าออกแรงทำงานในที่ร้อน, ทั้ง ๆ ที่ในขณะที่ออกกำลังกายอยู่นั้นอัตราการเต้นของ ชีพจรอุณหภูมิกายสูงขึ้น. สำหรับการออกแรงทำงานในที่อุณหภูมิร้อน, อัตราการเต้นของ ชีพจร และอุณหภูมิกายของผู้ทดลองในขณะที่ทำงานขึ้นเร็ว, และสูง, และกลับสู่อุณหภูมิ หลังจากพักจากการทำงานในที่เย็น, และพบว่าอัตราการเต้นของชีพจร, อุณหภูมิกาย ที่ลดลงนี้สัมพันธ์กัน, แต่อัตราการเต้นของชีพจรจะลดช้ากว่าอุณหภูมิกาย.

²⁰O.G. Edholm, and Others. "Effects of Work in Cool and Hot Concitions on Pulse Rate and Body Temperature." Research Abstracts: (Vol: 35 No. 1-1966) P. 217.

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องนี้ผู้วิจัยมีความมุ่งหมายที่จะศึกษาให้ทราบปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในการทำงานหนัก - เบาต่างกัน ในอุณหภูมิของอากาศที่ร้อนเย็นระดับต่าง ๆ. ทั้งนี้โดยเทียบส่วนออกซิเจนกับปริมาณอากาศที่หายใจเข้าทั้งหมด (Respiratory Equivalent)

ขอบเขตของการวิจัย



เนื่องจากการวิจัยเรื่องนี้ต้องการทดลองในห้องปฏิบัติการ เวลาในการศึกษาและทดลองมีจำกัด ผู้วิจัยจึงจำกัดขอบเขตโดย

1. ใช้ผู้ถูกทดลอง (Subject) เป็นนิสิตชายที่มีสุขภาพสมบูรณ์จำนวน 8 คน จากวิทยาลัยวิชาการศึกษา พลศึกษา โดยพิจารณาผู้ที่มีอายุ, น้ำหนัก ส่วนสูง, โกล้เสียงกัน.
2. ใช้เวลาทำงานทุกอุณหภูมิและขนาดของงาน นาน 6 นาที เท่ากัน.
3. ผู้ถูกทดลองจะต้องทำงานที่หนัก-เบา และ อุณหภูมิต่างกัน, คนละ 9 ครั้ง.
4. จักรยานที่ใช้เป็นจักรยานวัดงานแบบ โมนาร์ค (Monark Bicycle Ergometer) ทำในประเทศสวีเดน.
5. งานที่ทำมี 3 ระดับ, คือ งานเบา, งานปานกลาง, และงานหนัก (50, 100, 150 วัตต์).
6. อุณหภูมิอากาศในห้องทดลองมี 3 ระดับ, คือ 20° ซ., 30° ซ. และ 40° ซ.

ประโยชน์ของการวิจัย

1. จะได้ทราบว่าในการทำงานระดับต่าง ๆ กันและในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ร่างกายมีสมรรถภาพในการจับออกซิเจนจากอากาศที่หายใจเข้าแตกต่างกันอย่างไร.

2. งานทดลองทำนองนี้ได้เคยมีผู้ทำการทดลองมาแล้วในต่างประเทศ แต่ทำเฉพาะในอุณหภูมิของอากาศเย็น คือ 20°C . ฉะนั้น งานทดลองครั้งนี้จะเพิ่มความรู้ในเรื่องนี้ขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับอากาศร้อนซึ่งจะมีประโยชน์โดยตรงแก่ประเทศเราที่อยู่ในเขตร้อนและประเทศอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนเช่นเดียวกับประเทศเรา .

3. ประโยชน์ในการประยุกต์ความรู้ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้มาใช้ในด้านต่าง ๆ , เช่นการฝึกกีฬาเป็นต้น, คือสามารถคำนวณล่วงหน้าได้ว่าการทำงานหนักเบาเพียงนั้น ๆ ในอุณหภูมิเช่นนั้น ๆ ร่างกายจะต้องการอากาศหายใจและออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นเพียงใด .

แผนการวิจัย

1. ขอความช่วยเหลือและการร่วมมือจากวิทยาลัยวิชาการศึกษา พลศึกษา เพื่อทดสอบและคัดเลือกผู้ถูกทดลองให้ได้ตามที่ต้องการ, คือ มีสุขภาพสมบูรณ์, อายุ, น้ำหนัก ส่วนสูง และสมรรถภาพทางกายอื่น ๆ ใกล้เคียงกัน.

2. ขอความช่วยเหลือจากนายแพทย์ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, เพื่อตรวจสอบสุขภาพทั่ว ๆ ไป, โดยเฉพาะการทำงานของหัวใจ, ของผู้ถูกทดลอง.

3. ขอความช่วยเหลือจากศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, เพื่อขอใช้สถานที่ ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ประกอบการวิจัย, เช่น จักรยาน, อุปกรณ์เคมีและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิจัย.

4. ให้ผู้ถูกทดลองทำงานทดสอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับก่อนอาทิจำ วัดความจุปอด วัดความสามารถในการหายใจ อัตราการหายใจ บันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ วัดความดันโลหิต กลอดจันจิ้งน้ำหนัก วัดส่วนสูง

5. ให้ผู้ถูกทดลองฝึกจักรยานวิ่งงานในห้องปรับอุณหภูมิเป็นระดับ ๆ, คือ 20°C , 30°C , 40°C .

6. ปรึกษามือถือวงล้อจักรยานวิ้งงานเป็นระดับ ๆ, คือ ขนาดเบา, ขนาดปานกลาง และขนาดหนัก.
7. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานครั้งละ 6 นาที, ทำคนละ 9 ครั้ง, โดยเว้นช่วงการทำงานห่างกันอย่างน้อยครั้งละ 1 วัน.
8. ก่อนลงมือถือจักรยานวิ้งงาน, ผู้ถูกทดลองจะต้องนั่งพักก่อน 5 นาที, จับชีพจรขณะนั่งไว้, และชั่งน้ำหนักก่อนทำ.
9. ในขณะที่จักรยานให้หายใจออกซิเจน 86.4 % ซึ่งบรรจุไว้ในถุง.
10. อากาศในขณะหายใจเข้าใช้อากาศในถุงไหลผ่านเครื่องวัด (Gasometer) ซึ่งแสดงปริมาณอากาศหายใจเข้า.
11. อากาศหายใจออกไหลผ่านลิ้นบังคับให้ผ่านทางเค็บบวกกลับไปเข้าถุงเดิม.
12. วัดปริมาณอากาศที่เหลือภายในถุง, เพื่อคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปเมื่อจบการทดลอง.

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

ในการค้นคว้าและวิจัยเรื่องนี้อาจมีสิ่งนอกเหนือจากที่ผู้วิจัยจะควบคุมได้คือ

1. เกี่ยวกับเครื่องมือทดลอง. เนื่องจากมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือประกอบการทดลองมาก และเครื่องมือส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อให้เหมาะสมตามที่ต้องการ. อุปกรณ์บางชนิดคงคัดแปลงจากของเดิมที่มีอยู่แล้วมาใช้. ฉะนั้น ความแม่นยำที่ได้จากการทดสอบอาจคลาดเคลื่อนไปได้บ้างเล็กน้อย.
2. ในทางที่ถูกต้องนั้น, ข้อมูลที่ต้องการ (Respiratory Equivalent) ต้องคำนวณจากปริมาณออกซิเจนที่ได้ไม่เปรียบเทียบับอากาศหายใจเข้า, ซึ่งเป็นสารผสม, มีไนโตรเจนประมาณ 79 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจนประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์. แต่เนื่องด้วยผู้วิจัยไม่อยู่ในฐานะที่จะทำการวิเคราะห์ผลกับสัปดาห์ตนเองได้, อาจารย์ที่ปรึกษาจึงแนะนำให้ใช้ออกซิเจน 86.4 % แทนอากาศธรรมดา, ซึ่งอาจให้ผลแตกต่างไปเล็กน้อย, เนื่องด้วยความถี่เฉพาะส่วนของออกซิเจนมากขึ้น.

3. การทดลองต้องใช้เวลาสาม. ผู้ถูกทดลองต้องทำการทดลองแต่ละ 9 ครั้ง, โดยเว้นช่วงการทดลองไปครั้งละไม่น้อยกว่า 1 วัน. ระหว่างนั้นสภาพของผู้ถูกทดลอง, เช่น ความสมบูรณ์ของร่างกาย, สภาพการหายใจ, ความร้อน เป็นต้น, อาจมีการเปลี่ยนแปลง. ผลการทดลองอาจแปรปรวนไปด้วย.

4. แบบเวียนโลหิตกรอกไทด์-โสม ที่ใช้ถูกจับคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อนในอากาศที่หายใจออก, ควรจะดูดคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ทั้งหมด และดูดความชื้นไว้เหลือเพียง 85 เปอร์เซ็นต์. ในการทดลองจริง ๆ พบว่าในอากาศที่หายใจออกมีคาร์บอนไดออกไซด์เหลือเล็กน้อย และมีความชื้น 100 เปอร์เซ็นต์ (อินตัวควบไอน้ำ). สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนเล็กน้อย ที่คงมีในไม่มีความสำคัญในการทดลองครั้งนี้, เพราะความเข้มข้นต่ำกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงลมหลายเท่า. ส่วนความชื้นในอากาศนั้น แก้ไขโดยการคำนวณผลเกี่ยวกับปริมาณการระเหยของอากาศหายใจออก, ก็ใช้สูตรสำหรับความชื้น 100 เปอร์เซ็นต์แทนความชื้น 85 เปอร์เซ็นต์

ความหมายของค่าที่ใช้ในการวิจัย

1. ออกซิเจนที่บริโภคไป (Oxygen Consumption). หมายถึงปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้หมดไปในการเผาผลาญอาหาร เพื่อให้เกิดพลังงานและความร้อน
2. เมตาบอลิซึม (Metabolism). หมายถึงการเปลี่ยนแปลงทุกชนิดที่ทำได้เกิดพลังงานที่ในในร่างกายสำหรับการทำงานและมีชีวิตของเซลล์, รวมทั้งทางเคมี และ ฟิสิกส์.
3. อากาศหายใจเข้า (Inspired Air). หมายถึงปริมาณอากาศที่ถูกทดลองสูดจากถุง, ผ่านเข้าเครื่องวัดปริมาณอากาศหายใจเข้า. ในระหว่างการทดลอง, เป็นออกซิเจน 86.4%.

4. Respiratory Equivalent (R.E.)

หมายถึง $\frac{\text{ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไป}}{\text{ปริมาณอากาศหายใจเข้า}} \times 100$

5. ปริมาณงาน (Work Load). หมายถึงความหนักของงาน (Intensity) คิดเป็นกิโลปอนด์ (kp.) และกิโลวัตต์เมตรต่อวินาที

1 กิโลปอนด์ = แรงที่กระทำต่อมวลสารหนัก 1 กิโลกรัมด้วยความเร่งปกติของแรงดึงดูดของโลก (Acceleration of Gravity)

6. อุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature). หมายถึงอุณหภูมิแวดล้อมที่แตกต่างกัน. ภายในห้องทดลองมี อุณหภูมิที่ 20° ซ., 30° ซ., และ 40° ซ.

7. ระดับของงาน. หมายถึงระดับงานที่แตกต่างกันไป. สำหรับการทดลองครั้งนี้มี 3 ระดับ, คือ งานขนาดเบา, งานขนาดปานกลาง และงานขนาดหนัก. งานเบา (50 วัตต์), งานปานกลาง (100 วัตต์), และงานหนัก (150 วัตต์).

8. ความชื้น (Humidity). หมายถึงความชื้นที่ใช้ในห้องทดลอง. สำหรับการทดลองครั้งนี้ ใช้ความชื้นเฉลี่ย 60 ± 5 ตลอดการทดลอง.

9. สมรรถภาพในการจับออกซิเจน (Oxygen uptake capacity). หมายถึงความสามารถของร่างกายในการที่จะจับออกซิเจนมาใช้ในขณะการออกกำลังกายหรือทำงาน.