บทที่ 4

การอภิปรายผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และสรุปผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าในการออกกำลังอย่างหนัก อากาศแวดล้อม (อุณหภูมิ 40°ซ., หรือ 28°ซ., ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % หรือ 65 %) และแบบของเครื่องแต่งกาย (แบบปิดหรือแบบเปิด) มีผลต่อสมรรถภาพการทำงานของร่างกาย. โดยทั่วไปผู้ที่ใช้เสื้อผ้าแบบเปิดมีสมรรถภาพในการทำงานดีกว่าแบบปิด ยกเว้นในอุณหภูมิ 40°ซ., ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % ผู้ที่ใช้เสื้อผ้าแบบปิดทำงานได้ปริมาณงานมากกว่า. สมรรถภาพในการทำงานในที่ ๆ มีอุณหภูมิ 28°ซ. ดีกว่าที่อุณหภูมิ 40°ซ. และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ดีกว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %

ผู้วิจัยมีความเชื่อว่าการที่ผลปรากฏออกมาเช่นนี้เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับการขับความร้อนออกจากร่างกาย. ความสามารถในการขับความร้อนของร่างกายนี้จะเป็นไปได้ดีหรือไม่เพียงใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับสภาพอากาศแวดล้อมและเครื่องแต่งกายเป็นสำคัญ

อากาศแวดล้อม

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่าอากาศที่มีอุณหภูมิ 28°ซ. เป็นอากาศที่เหมาะสำหรับการออกกำลังมากกว่าที่อุณหภูมิ 40°ซ. อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 65 % เหมาะกว่าอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80 % กล่าวคือในอากาศที่ร้อนน้อยกว่าและอากาศที่ชื้นน้อยกว่ามีปริมาณการทำงานมากกว่า, อัตราเต้นหัวใจต่ำกว่า, อุณหภูมิผิวกายต่ำกว่าและการหลั่งเหงื่อน้อยกว่า (น้ำหนักตัวลดลงน้อยกว่า ภายหลังจากได้ออกกำลังอย่างหนัก)

แผนภูมิที่ 9 และ ตารางที่ 10 แสดงให้เห็นถึงปริมาณการทำงานในอุณหภูมิและความชื้นต่าง ๆ กัน, เห็นได้ชัดว่าผู้ที่ทำงานในอากาศที่มีอุณหภูมิ 28°ซ. ทำงานได้มากกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40°ซ., ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิของร่างกายตลอดจนอุณหภูมิของผิวกายสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอก. ดังนั้นความร้อนจากร่างกายก็จะถูกขับออกมายังอากาศแวดล้อมโดยวิธีการพา, การนำ, การแผ่รังสี, และการระเหยได้อย่างสะดวก.

แผนภูมิที่ 8 และ ตารางที่ 9 แสดงให้เห็นอุณหภูมิผิวกายในอุณหภูมิและความชื้นต่าง ๆจะเห็นได้ว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 28 °ซ. อุณหภูมิผิวกายน้อยกว่าในอุณหภูมิ 40 °ซ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. สำหรับในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ผู้ถูกทดลองสามารถทำงานได้ปริมาณมากกว่าในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เพราะในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าสามารถรับเอาไอน้ำจากการระเหยของเหงื่อที่ผิวหนังได้มากกว่าอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์มาก, ยิ่งมีการระเหยของเหงื่อที่ผิวหนังมากเท่าใดก็ยิ่งเป็นการช่วยให้ร่างกายสามารถขับความร้อนออกได้เร็วขึ้นเท่านั้น, จึงกล่าวได้ว่าร่างกายสามารถขับความร้อนออกได้ดีกว่าในอากาศที่มีความชื้นน้อยกว่า.ดังนั้นเมื่อร่างกายสามารถขับความร้อนได้โดยสะดวก อุณหภูมิของร่างกายก็อยู่ในสภาพพอเหมาะ, ร่างกายที่ทำงานอยู่ในอากาศที่มีอุณหภูมิ 28 °ซ.และความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ก็สามารถทำงานได้นานกว่าและมากกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40 °ซ.และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %

แผนภูมิที่ 6,7 และ ตารางที่ 7,8 ได้แสดงให้เห็นอัตราเต้นหัวใจระหว่างการออกกำลังและพักฟื้นว่าในอุณหภูมิ 28 °ซ. อัตราเต้นหัวใจต่ำกว่าในอุณหภูมิ 40 °ซ. ในความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ต่ำกว่าในความชื้นสัมพัทธ์ 80 % ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการในการระบายความร้อนออกจากร่างกายในสภาพอากาศแวดล้อมต่าง ๆ แตกต่างกัน, ดังเช่นอัตราเต้นหัวใจของผู้ถูกทดลองในอุณหภูมิ 40 °ซ. สูงกว่าในอุณหภูมิ 28 °ซ. เพราะร่างกายมีการปรับตัวเพื่อให้มีปริมาณเลือดไหลเวียนเพิ่มขึ้น เพื่อนำเอาความร้อนจากส่วนลึกของร่างกายไปขับออกทางผิวหนัง นอกเหนือจากการนำเอาอาหารและออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงาน.

แผนภูมิที่ 10 และ ตารางที่ 11 แสดงให้เห็นน้ำหนักตัวที่ลดลงหลังจากการออกกำลังในอุณหภูมิและความชื้นต่าง ๆ น้ำหนักตัวที่ลดลงไปนั้นเนื่องมาจากร่างกายต้องขับเหงื่อออกมาเพื่อระบายความร้อนออกจากตัว โดยวิธีระเหยของเหงื่อ ที่ผิวหนัง จากกราฟจะเห็นว่าในอุณหภูมิ 40 °ซ. และอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80 % มีอิทธิพลต่อการหลั่งเหงื่อมาก. เนื่องจากร่างกายไม่สามารถขับความร้อนออกไปโดยวิธีการพา การนำ และการแผ่รังสี,

ยิ่งกว่านั้นร่างกายยังได้รับความร้อนจากอากาศภายนอกเพิ่มเข้าไปอีก, จึงเป็นเหตุให้ร่างกายใช้วิธีการระเหยเหงื่อที่ผิวหนัง โดยร่างกายกระตุ้นต่อมเหงื่อให้ทำงานผลิตเหงื่อออกมายังผิวหนังมากขึ้น, เมื่อเหงื่อระเหยไปจากผิวหนัง ความร้อนก็จะถูกพาออกไปจากผิวหนังด้วย, แต่ในกรณีที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมาก การระเหยของเหงื่อจะมีจำกัด, ทำให้ความร้อนถูกพาออกไปได้น้อย, เมื่อความร้อนยังคงมีอยู่ที่ผิวหนังมาก ร่างกายก็จะกระตุ้นต่อมเหงื่อให้ทำงานต่อไป จึงเป็นเหตุให้มีเหงื่อออกมากในผู้ที่ออกกำลังในอากาศที่มีความชื้นมาก, โดยเฉพาะในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40 °ซ.ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % สำหรับอากาศที่มีอุณหภูมิเพียง 28 °ซ. นั้น อุณหภูมิของร่างกายสูงกว่าอากาศแวดล้อม ดังนั้นร่างกายจึงสามารถถ่ายเทความร้อนออกมายังอากาศแวดล้อมได้โดยสะดวก. ในอุณหภูมินี้การระเหยมีบทบาทน้อยกว่าในอุณหภูมิ 40 °ซ., เพราะเมื่อร่างกายสามารถขับความร้อนออกได้โดยสะดวกความร้อนในร่างกายจึงไม่มากนัก, ต่อมเหงื่อจึงไม่ได้รับการกระตุ้นมากเท่ากับในอากาศร้อน, ดังนั้นจึงมีการหลั่งเหงื่อน้อยกว่า. แต่อย่างไรก็ตามถ้าอากาศแบบนี้มีความชื้นสัมพัทธ์มากความชื้นก็เป็นอุปสรรคในการระเหยของเหงื่อให้มีจำกัดด้วยเช่นกัน. เมื่อการระเหยมีน้อย ความร้อนส่วนหนึ่งซึ่งจะถูกพาออกไปโดยการระเหยก็ยังค้างอยู่, ความร้อนนี้จะช่วยกระตุ้นต่อมเหงื่อให้ทำงานมากขึ้นเพื่อช่วยในการระบายความร้อน, จึงพบว่าในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงมีอัตราการหลั่งเหงื่อสูง (ดังแผนภูมิ). แผนภูมิที่ 10 นี้ แสดงให้เห็นชัดเจนว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40 °ซ.ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % น้ำหนักตัวของผู้ถูกทดลองลดลงมากที่สุด, ในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % น้ำหนักของผู้ถูกทดลองลดลงมากเป็นอันดับสอง, อันดับที่สามได้แก่อากาศที่มีอุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % และในอากาศที่มีอุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % น้ำหนักตัวของผู้ถูกทดลองลดลงน้อยที่สุด

สำหรับการหลั่งเหงื่อนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าการออกกำลังอย่างหนักในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % ในระยะเวลาประมาณ 13 นาที ผู้ถูกทดลองจะเสียเหงื่อประมาณ 0.5 ก.ก. ถ้าผู้ถูกทดลองออกกำลังต่อไปให้มีระยะเวลานานเท่ากับการเล่นกีฬาบางประเภท เช่น ฟุตบอล รักบี้, คาดได้ว่าผู้ถูกทดลองต้องเสียเหงื่อไปประมาณ 1.5-3.0 ก.ก.ต่อการแข่งขันในแต่ละครั้ง. สำหรับในประเทศไทยนั้นก็จัดอยู่ในประเทศ

แถบมรสุมซึ่งมีอากาศร้อนชื้นเช่นกัน, ฉะนั้น นักกีฬาจะต้องเสียเหงื่อในการแข่งขันแต่ละครั้งไปเป็นจำนวนมาก. โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้านักกีฬานั้นเป็นผู้คุ้นเคยกับอากาศแวดล้อมจะมีอัตราการหลั่งเหงื่อมากขึ้นเพราะคอมเหงื่อมีการปรับตัว[37] ทำให้มีการระเหยพาความร้อนออกไปจากผิวหนังได้มากขึ้น, เมื่อร่างกายสามารถขับความร้อนออกจากร่างกายได้โดยสะดวกอุณหภูมิของร่างกายจะอยู่ในสภาพที่พอเหมาะทำให้ร่างกายสามารถทำงานได้นานกว่า.

ในอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน สมรรถภาพการจับออกซิเจนแตกต่างกัน เช่น ในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % ผู้ถูกทดลองมีสมรรถภาพการจับออกซิเจนต่ำกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 28° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80% และในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ผู้ถูกทดลองมีสมรรถภาพการจับออกซิเจนต่ำกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 28° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ทั้งนี้เนื่องจากอัตราเต้นหัวใจไม่เท่ากัน. ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในอุณหภูมิ 40° ซ. อัตราเต้นหัวใจสูงกว่าในอุณหภูมิ 28° ซ. ทั้ง ๆ ที่มีอัตราการทำงานเท่ากัน. ในการทำการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดอัตราเต้นหัวใจไว้ 150± 10 ครั้ง/นาที, ถ้าผู้ถูกทดลองไม่สามารถถีบจักรยานได้ตามจังหวะอีกต่อไปและอัตราเต้นหัวใจไม่ต่ำกว่า 180 ครั้ง/นาที และอยู่ในภาวะอยู่ตัว ผู้วิจัยยอมให้หยุดออกกำลังได้, แต่ถ้ายังมีแรงและสามารถถีบจักรยานไปตามจังหวะผู้ถูกทดลองจะต้องถีบต่อไปจนอัตราเต้นหัวใจถึง 190 ครั้ง/นาทีและอยู่ในภาวะอยู่ตัว. ในการออกกำลังถีบจักรยานในอากาศที่มีอุณหภูมิ 28° ซ. นั้นผู้ถูกทดลองสามารถทำอยู่ได้เป็นเวลานาน และมีปริมาณของงานที่ทำมาก, แต่อัตราเต้นหัวใจไม่สูงเท่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40° ซ. ด้วยเหตุที่ได้กำหนดอัตราเต้นหัวใจสูงสุดไว้ ผู้ถูกทดลองจึงต้องออกกำลังนาน. ส่วนใหญ่ของผู้ถูกทดลองจะเมื่อยขาไม่สามารถถีบจักรยานตามจังหวะที่กำหนดให้คงอัตราหัวใจจะถึง 190 ครั้ง/นาที, ผู้วิจัยจึงให้ผู้ถูกทดลองหยุดออกกำลังและบันทึกอัตราเต้นหัวใจที่เกิน 180 ครั้ง/นาที และอยู่ในภาวะอยู่ตัว, เมื่อนำอัตราชีพจรนี้ไปเปิดตารางหาค่าสมรรถภาพออกซิเจนจะได้ค่าสมรรถภาพออกซิเจนสูง. สำหรับในอุณหภูมิ

---

[37] Per-Olof Astrand and Kaare Rodahl, "Temperature Regulation," Textbook of Work Physiology. (New York: McGraw-Hill Book Company, 1970).

40° ซ. อัตราเต้นหัวใจขึ้นเร็ว, ในขณะที่อัตราหัวใจถึง 150 ครั้ง/นาที นั้น ผู้ถูกทดลองยังมีกำลังขาดีอยู่ และบางคนอัตราเต้นหัวใจจะอยู่ในภาวะอยู่ตัวเมื่อเกิน 150 ครั้ง/นาที ถ้าอัตราเต้นหัวใจสูงเมื่อนำไปเปิดกราฟหาค่าสมรรถภาพออกซิเจนจะได้ค่าสมรรถภาพออกซิเจนต่ำด้วย.

ข้อมูลและเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าอากาศแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะทำให้ร่างกายออกกำลังทำงานได้มากหรือน้อย

เครื่องแต่งกาย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนภูมิที่ 9 แสดงให้เห็นชัดเจนว่าในการออกกำลังทำงานอย่างหนักนั้น, ผู้ที่ใช้เครื่องแต่งกายชุดเปิดทำงานได้ปริมาณมากกว่าชุดปิดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (เว้นแต่ในอากาศแบบร้อนชื้นที่ชุดปิดทำงานได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ)

ก. ที่อุณหภูมิ 28° ซ.ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % การแต่งกายในชุดเปิดทำงานได้มากกว่าชุดปิดประมาณ 4 % ทั้งนี้เป็นเพราะเสื้อผ้าแบบปิดนั้นเป็นอุปสรรคในการระบายความร้อนออกจากร่างกายเป็นอย่างมาก. ในสภาพอากาศแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 28° ซ.นี้, อุณหภูมิผิวกายของผู้ถูกทดลองในขณะคอนออกกำลังและขณะออกกำลังตลอดจนหลังการออกกำลังสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม, อีกทั้งความชื้นสัมพัทธ์ก็ต่ำ, ดังนั้นการระบายความร้อนออกจากร่างกายทั้งในขณะพักและออกกำลังยวมเป็นไปได้สะดวกทั้ง 4 วิธี, คือ การแผ่รังสี การพา การนำ และการระเหย. แต่ถ้ามีเสื้อผ้ามาเป็นอุปสรรค, การระบายความร้อนทั้ง 4 วิธีนี้ย่อมเป็นไปด้วยความลำบาก, เพราะเสื้อผ้าจะทำหน้าที่เป็นสิ่งป้องกันไม่ให้ความร้อนที่ถูกขับออกจากร่างกายถูกสาหรือนำหรือแผ่รังสีได้โดยสะดวก. ความร้อนจะถูกกักและสะสมอยู่ระหว่างผิวกายและเสื้อผ้า, ทำให้มีความร้อนที่ผิวกายเพิ่มขึ้น. ถ้าเป็นเสื้อผ้าแบบธรรมดาที่ใช้โดยทั่ว ๆ ไป ความร้อนอาจถูกขับออกได้ประมาณครึ่งหนึ่งของการระบายความร้อนของร่างกายในขณะเปลือยกาย, แต่ถ้าเป็นเสื้อผ้าแบบที่ใช้ในขั้วโลกเหนือ ความร้อนจะถูกขับออกไปเพียง $\frac{1}{6}$ เท่านั้น[38]

---

[38] Arthur C.Guyton, "Body Temperature, Temperature Regulation and Fever," Textbook of Medical Physical. (Philadelphia & London: W.B. Saunders Company, 1970).

ในการทดลองครั้งนี้เครื่องแต่งกายชุดปิดปกคลุมร่างกายประมาณ 75 % ดังนั้น การระบายความร้อนออกจากร่างกายด้วยวิธีการแผ่รังสี หรือนำหรือพาความร้อนจึงเป็นไปได้เพียงเล็กน้อย. แผนภูมิที่ 8 และ ตารางที่ 9 แสดงให้เห็นชัดว่าอุณหภูมิผิวกายในเครื่องแต่งกายชุดปิดสูงกว่าชุดเปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ต่างกันประมาณ 0.5 °ซ.). สิ่งที่น่าสังเกตสำหรับอุณหภูมิผิวกายของชุดปิดและเปิดนี้ก็คือ ใน 5 นาทีแรกของการออกกำลัง อุณหภูมิผิวกายสูงขึ้นทั้งชุดเปิดและปิด, ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าในขณะออกกำลังความร้อนถูกผลิตขึ้นมาก. ถึงแม้ว่าจะมีการระบายความร้อนออกได้ค่อนข้างดี เพราะอุณหภูมิแวดล้อมต่ำกว่าผิวกาย (อุณหภูมิผิวกายของชุดเปิดเฉลี่ยประมาณ 34.6 °ซ. และของชุดปิดประมาณ 35.2 °ซ.) และความชื้นต่ำ, แต่ความร้อนจากการใช้พลังงานของร่างกายมีมากจนร่างกายขับออกไม่ทัน, จึงมีความร้อนสะสมมากขึ้น อุณหภูมิผิวกายจึงสูงขึ้นด้วย. โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชุดปิดจะมีอุณหภูมิสูงกว่ามากเพราะเสื้อผ้าเป็นตัวกันความร้อน ทำให้ความร้อนระบายออกได้ช้า. หลังจากนาทีที่ 5 ร่างกายออกกำลังทำงานหนักมากขึ้นเรื่อย ๆ, ความต้องการอาหารและออกซิเจนของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานมีมากขึ้น, รวมทั้งความต้องการในการขนถ่ายของเสียออกจากบริเวณนั้นมีมากขึ้น, จึงเป็นเหตุให้ร่างกายต้องเพิ่มปริมาณเลือดไปเลี้ยงบริเวณกล้ามเนื้อที่ใช้งานมากขึ้นกว่าปกติหลายเท่า, โดยการขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ บริเวณที่ออกกำลังและเพิ่มอัตราการสูบฉีดโลหิตของหัวใจให้มากขึ้น พร้อมกันนี้หลอดเลือดอื่นซึ่งไม่จำเป็นต่อการออกกำลัง, เช่น หลอดเลือดที่บริเวณผิวกายและอวัยวะในช่องท้องก็บีบตัวแคบลง. ด้วยเหตุนี้เองอุณหภูมิผิวกายที่ทำการวัดในบริเวณหน้าท้อง (เหนือเอว) จึงลดลงจนกระทั่งต่ำกว่าก่อนออกกำลังประมาณ 0.5 °ซ. และยังลงลดลงถึงนาทีที่ 1 หลังจากหยุดออกกำลัง หลังจากนั้นอุณหภูมิผิวกายจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เพราะหลอดเลือดที่ผิวหนังขยาย, เลือดนำความร้อนจากภายในร่างกายซึ่งยังไม่สามารถขับออกไปได้หมดมายังผิวกายเพื่อระบายออก จึงทำให้อุณหภูมิผิวกายหลังจากการหยุดออกกำลังสูงขึ้น. ปรากฏการณ์นี้สอดคล้องกับการทดลองของคริสเต็นเซ็นและเนียลเซ็น[39] (Christensen and

---

[39] Per-Olof Astrand and Kaare Rodahl, "Circulation", Textbook of Work Physiology. (New York : McGraw-Hill, Inc., 1970).

Neilsen, 1942). ซึ่งได้ทำการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิผิวกายและปริมาณเลือดที่ไหลมาเลี้ยงผิวกายในระหว่างการออกกำลังและในระหว่างพัก. เขาพบว่าในขณะทำงานอุณหภูมิที่ผิวชี้ซึ่งไม่ได้ทำงาน (ต่ำน้อยที่สุด) ลดลงพร้อมทั้งปริมาณเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณผิวที่ผิวชี้ก็ลดลงด้วย, แต่เมื่อหยุดทำงานอุณหภูมิผิวกายที่ผิวชี้สูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณเลือดที่ไหลมาเลี้ยงมากขึ้นด้วย

แผนภูมิที่ 5 และตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าอัตราเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลองที่ใช้เสื้อผ้าชุดปิดสูงกว่าชุดเปิดเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ทั้งนี้เพราะเครื่องแต่งกายขัดขวางการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ทำให้เป็นไปได้ช้า. อุณหภูมิในร่างกายย่อมสูงกว่าชุดเปิดซึ่งเป็นเหตุให้อัตราเต้นของหัวใจสูงกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะความต้องการเพิ่มปริมาณเลือดไปยังผิวหนังเพื่อการระบายความร้อน, นอกเหนือไปจากความต้องการของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานนั้น ๆ.

แผนภูมิที่ 1 ตารางที่ 2 และ ตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าสมรรถภาพออกซิย์เจ็นและความดันเลือดของผู้ที่ใช้ชุดปิดและเปิดไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. สำหรับในเรื่องสมรรถภาพออกซิย์เจ็น ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ได้ข้อคิดว่าการทำนายค่าสมรรถภาพออกซิย์เจ็นจากอัตราชีพจรสูงถึง 190±10 ครั้ง /นาที, และทำงานเป็นเวลานาน(เฉลี่ยประมาณ 13 นาที), โดยใช้วิธีของออสตรานด์นั้นอาจจะไม่ถูกต้อง. เพราะตามวิธีของออสตรานด์นั้น, การออกกำลังทำงานจะต้องไม่หนักเกินไป (ชีพจรอยู่ระหว่าง 130-170ครั้ง/นาที), และเวลาที่ใช้ในการทดลองก็อยู่ในระยะสั้น (4-6 นาที), อีกทั้งตารางค่าสมรรถภาพออกซิย์เจ็นของออสตรานด์นั้นก็ตั้งหลักเกณฑ์ขึ้นจากผลการทดลองในชาวสวีเดน ซึ่งมีขนาดร่างกาย อาหาร และภาวะแวดล้อมต่างจากคนไทย. ดังนั้นจึงควรจะหาค่าสมรรถภาพออกซิย์เจ็นในระหว่างที่อัตราเต้นของหัวใจอยู่ในภาวะคงตัวระหว่างนาทีที่ 4-6, เพื่อทดสอบหาค่าสหสัมพันธ์กัน หรือควรจะทดลองหาค่าสมรรถภาพออกซิย์เจ็นสำหรับคนไทยตามวิธีของออสตรานด์ขึ้นบ้าง

แผนภูมิที่ 10 และ ตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักตัวที่ลดลง(น้ำหนักตัวที่ลดลง = เหงื่อที่หลั่ง) เนื่องจากการออกกำลังอย่างหนักของการใช้เครื่องแต่งกายแตกต่างกัน

2 แบบนี้ต่างกันเล็กน้อยแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ. แต่ถ้าเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วชุดปิดจะเสียเหงื่อมากกว่าถึง 10 %, ซึ่งถ้าออกกำลังในเวลาที่นานกว่านี้อาจจะต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ. อย่างไรก็ตามการที่ชุดปิดเสียเหงื่อมากกว่าเพียงเล็กน้อยนี้ก็น่าจะแสดงให้เห็นว่า, ในชุดปิดนั้นร่างกายขับความร้อนด้วยวิธีพา นำ หรือแผ่รังสีได้น้อยกว่า, จึงต้องใช้วิธีการกระตุ้นต่อมเหงื่อให้ทำงานมากขึ้นเพื่อการระเหยพาความร้อนออกไปจากผิวกาย, จึงทำให้น้ำหนักของร่างกายลดไปมากกว่า

ข. ที่อากาศที่มีอุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % แผนภูมิที่ 17 แสดงให้เห็นว่าผู้ที่แต่งกายด้วยชุดเปิดทำงานได้ปริมาณมากกว่าชุดปิด 2 % ซึ่งน้อยกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ทั้งนี้เพราะความชื้นเป็นอุปสรรคสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการขับความร้อนออกจากร่างกาย. ในอากาศที่ชื้นถึง 80 % นี้โอกาสที่อากาศจะรับไอน้ำเพิ่มมีเพียง 20 %, ดังนั้นการระเหยเพื่อพาความร้อนออกจากร่างกายจึงมีจำกัด (ไม่ว่าจะใช้เครื่องแต่งกายแบบใด). อย่างไรก็ตามอุณหภูมิผิวกายก็แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (แผนภูมิที่ 8) ประมาณ 0.3 °ซ. ในขณะพักก่อนออกกำลัง, และประมาณ 0.8-4.0 °ซ. ในขณะออกกำลังและฟื้นตัว. ในห้านาทีแรกอุณหภูมิผิวกายของชุดปิดสูงขึ้นและลดลงเล็กน้อยจนกระทั่งหยุดออกกำลัง. ทั้งนี้ก็เนื่องด้วยเหตุผลเดียวกับอุณหภูมิปกติ คือ มีปริมาณเลือดมาเลี้ยงผิวหนังน้อยลงในขณะออกกำลังหนักขึ้น, อุณหภูมิผิวกายจึงลดลงด้วย, แต่ไม่มากนัก, เพราะความร้อนที่ถูกขับออกจากร่างกายได้บ้างโดยการแผ่รังสี หรือพาความร้อนนั้นถูกกักกันไว้ด้วยเครื่องแต่งกาย, ประกอบกับการระเหยมีจำกัดเนื่องจากอากาศมีความชื้นสูง. สำหรับในชุดเปิดอุณหภูมิผิวกายต่ำกว่าชุดปิดประมาณ 0.3 °ซ. ในขณะออกกำลังอย่างหนักนั้นอุณหภูมิผิวกายลดลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งหยุดออกกำลัง. สังเกตได้ว่าอุณหภูมิผิวกายของชุดเปิดลดลงมากกว่าชุดปิด, ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากไม่มีเสื้อผ้าขัดขวางการระบายความร้อน, ทำให้ความร้อนสามารถแผ่รังสีพาหรือระเหยออกจากผิวกายได้บ้าง

แผนภูมิที่ 4 และ ตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าในขณะออกกำลังอย่างหนักอัตราเต้นหัวใจของผู้ถูกทดลองในเครื่องแต่งกายชุดปิดสูงกว่าชุดเปิดเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ซึ่งเหตุผลนั้นก็เช่นเดียวกับ อุณหภูมิ 28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % แต่ในขณะฟื้นตัว

ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แผนภูมิที่ 1 และ ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าสมรรถภาพออกซิเจนของชุดเปิดดีกว่าชุดปิดประมาณ 3 % แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ. ความดันเลือด (ตารางที่ 12) และน้ำหนักตัวที่ลดลงในระหว่างการออกกำลัง และฟื้นตัวไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ก. ที่อากาศมีอุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % แผนภูมิที่ 17 การแลกเปลี่ยนกายในชุดเปิดทำงานได้ ปริมาณมากกว่าชุดปิดประมาณ 2 % แต่มีนัยสำคัญทางสถิติ.

ในอากาศแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง 40° ซ. ร่างกายซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าย่อมได้รับการแผ่รังสีและการนำความร้อนจากอากาศแวดล้อม. ผลที่ได้จากการทดลองแสดงอุณหภูมิผิวกายในขณะพักก่อนออกกำลัง (แผนภูมิที่ 8 นาทีที่ศูนย์) ซึ่งวัดภายหลังที่นั่งในอากาศแวดล้อมนี้มาแล้ว 10 นาที เป็นประมาณ 36.2° ซ. (อุณหภูมิปกติ= 34.8-35.2° ซ.). แสดงว่าร่างกายย่อมได้รับการแผ่รังสีและการนำความร้อนจากอากาศแวดล้อม. ในกรณีเช่นนี้เสื้อผ้าสามารถป้องกันร่างกายไม่ให้ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีและการนำเช่นเดียวกับป้องกันมิให้ความร้อนถูกพาออกมานอกเสื้อด้วย. ดังนั้นอุณหภูมิผิวกายของผู้ที่ใช้ชุดปิดจึงสูงกว่าชุดเปิด

อุณหภูมิผิวกายใน 5 นาทีแรกของการออกกำลังของทั้งชุดปิดและเปิดสูงขึ้นเช่นเดียวกับอากาศแวดล้อมอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากกล้ามเนื้อทำงานจึงมีความร้อนเกิดขึ้น, ความร้อนถูกส่งมายังผิวหนังเพื่อขับออกจากร่างกาย, แต่เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมสูงกว่าผิวกายมาก, การขับความร้อนจึงเป็นไปได้ลำบากเพราะใช้ได้เฉพาะวิธีการระเหยเหงื่อแต่เพียงอย่างเดียว, จึงทำให้อุณหภูมิผิวกายสูงขึ้น. ต่อมากายหลังร่างกายต้องทำงานหนักมากขึ้น, ความต้องการอาหารและออกซิเจนของกล้ามเนื้อมีมากขึ้น, ความต้องการขนถ่ายของเสียออกไปจากกล้ามเนื้อมีมากขึ้น, ระบบไหลเวียนเลือดจึงต้องทำงานหนัก (จะเห็นได้จากอัตราหัวใจสูง) เพื่อเพิ่มปริมาณเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่ทำงานให้เพียงพอ. ในขณะนั้นหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่ทำงานจะขยายโตขึ้น, แต่หลอดเลือดบริเวณผิวหนังและอวัยวะในช่องท้องจะบีบตัวแคบลง. ด้วยเหตุที่ปริมาณเลือดมายังผิวหนังลดลง, ความร้อน

บริเวณผิวหนังนี้ก็ต่ำลงเล็กน้อย แต่การที่อุณหภูมิผิวกายในอากาศแวดล้อมนี้ไม่ต่ำ มากเช่น ในอากาศที่มีอุณหภูมิเพียง 28 °ซ., ก็คงเป็นเพราะว่าความร้อนภายในร่างกายสูงและร่างกายพยายามจะขับออกจากร่างกาย, จึงมีความร้อนที่ถูกนำมาพร้อมกับเลือดมายังผิวหนังมากกว่าในอุณหภูมิ 28 °ซ. และอุณหภูมิในอากาศแวดล้อมสูงด้วย. หลังจากหยุดออกกำลังแล้ว อุณหภูมิผิวกายของผู้ที่ใช้เครื่องแต่งกายทั้งสองแบบเพิ่มขึ้นด้วยเหตุผลที่ต้องการขับความร้อนออกจากร่างกาย.

สมรรถภาพออกซิเจน, ความดันเลือด, และน้ำหนักตัวที่ลดลงไปในระหว่างการออกกำลังทั้งในชุดปิดและเปิดไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ง. ที่อากาศมีอุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % แผนภูมิที่ 9 และตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าในอากาศแวดล้อมนี้การแต่งกายในชุดปิดช่วยให้ทำงานได้ปริมาณมากกว่าชุดเปิดถึง 0.5 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. การที่ผลปรากฏออกมาตรงข้ามกับอากาศแวดล้อมอื่น ๆ ก็คงเนื่องจากความชื้นของอากาศเข้ามามีอิทธิพลมาก. ดังที่กล่าวไว้ในอากาศร้อนปกติว่าการขับความร้อนออกจากร่างกายในขณะทำงานในอากาศร้อนนั้น, วิธีเดียวและเป็นวิธีที่ดีที่สุดของการขับความร้อนออกจากร่างกายได้แก่การขับเหงื่อเพื่อการระเหยที่ผิวหนัง. แต่ในภาวะอากาศที่มีความชื้นสูงถึง 80 %, การระเหยมีจำกัด (น้อยกว่าอากาศร้อนปกติ) จึงเป็นเหตุให้ความร้อนถูกขับออกไปจากร่างกายเพียงเล็กน้อย. แผนภูมิที่ 8 แสดงให้เห็นชัดเจนว่า ในภาวะแวดล้อมนี้อุณหภูมิผิวกายสูงมาก, อุณหภูมิผิวกายของเครื่องแต่งกายชุดปิดสูงกว่าชุดเปิดเช่นเดียวกับภาวะแวดล้อมอื่น ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเครื่องแต่งกายเป็นอุปสรรคต่อการระบายความร้อนออกจากผิวกาย. ใน 5 นาทีแรกของการออกกำลังอุณหภูมิผิวกายของผู้ที่แต่งกายทั้งสองแบบสูงขึ้นเรื่อย ๆ, แต่ชุดปิดขึ้นสูงกว่า, แต่ในนาทีที่ 6-10 อุณหภูมิผิวกายของชุดปิดต่ำลงมากกว่าจุดเริ่ม, แต่ชุดเปิดยังคงสูงขึ้นเรื่อย ๆ, ทั้งนี้คงเนื่องมาจากเครื่องแต่งกายเป็นประการสำคัญ. ดังที่กล่าวแล้วว่าเหงื่อถูกผลิตออกมามากเพื่อให้มีการระเหยพาความร้อนออกไปจากร่างกาย, แต่เนื่องจากความชื้นสูง การระเหยจึงเป็นไปได้ช้ามาก, ความร้อนถูกพาออกจากร่างกายช้า, ต่อมเหงื่อจึงถูกกระตุ้นให้ผลิตเหงื่อเพิ่มขึ้น. เมื่อเหงื่อออกเป็นจำนวนมาก เครื่องแต่งกายซึ่งทำจากผ้าฝ้ายซึ่งมีลักษณะการดูดซึมเกิน

ไปนัก สามารถซับเหงื่อให้ซึมซาบอยู่ในเนื้อผ้า, ความร้อนจากผิวกายซึ่งเหงื่อเกาะอยู่จะถูกถ่ายมายังเนื้อผ้าพร้อมกับเหงื่อ, เมื่อมีการระเหยของน้ำที่เครื่องแต่งกายความร้อนก็จะถูกพาออกไปจากเนื้อผ้าด้วย, จึงมีผลทำให้ผิวหนังเย็นลง. การที่ผ้าซับเหงื่อไว้จนชุ่มนี้ทำให้มีน้ำสำหรับการระเหยเพื่อพาความร้อนออกไปตลอดเวลา. แต่ในชุดเปิดเมื่อเหงื่อที่ถูกขับออกมาเพื่อการระเหยพาความร้อนออกไปนั้นมีจำนวนมากขึ้นก็จะหยดออกจากร่างกาย, จำนวนเหงื่อที่เหลืออยู่เพื่อการระเหยจึงมีน้อย. ดังนั้นความร้อนจึงถูกพาออกจากร่างกายได้น้อยกว่าชุดปิด. จึงเห็นได้ว่าในช่วงนาทีที่ 5-10 อุณหภูมิผิวกายของชุดเปิดสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่อุณหภูมิผิวกายของชุดปิดลดต่ำลง. คงเป็นด้วยเหตุผลที่ชุดปิดสามารถระบายความร้อนในขณะออกกำลังออกจากร่างกายได้ดีกว่าชุดเปิด, จึงทำให้ผู้ที่แต่งกายด้วยชุดปิดสามารถทำงานในการทดลองนี้ (ตามแผนภูมิที่ 9) ได้ปริมาณมากกว่าเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. การที่อุณหภูมิผิวกายในขณะออกกำลังอย่างหนักไม่ลดลงนี้อาจจะเนื่องมาจากหลอดเลือดที่ผิวหนังขยายตัว, เพราะการที่ต่อมเหงื่อถูกกระตุ้นมาก ๆ ย่อมมีผลทำให้สารชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่าแบรดดี้คินิน[40] (bradykinin) ถูกขับออกมา สารนี้จะไปกระตุ้นหลอดเลือดที่ผิวหนังให้ขยายตัว (Secondary dilation) ซึ่งมีผลให้เลือดนำความร้อนจากส่วนลึกออกมายังผิวกายมากขึ้น. หลังจากการออกกำลังเสร็จสิ้นลงแล้วอุณหภูมิผิวกายของผู้ที่ใช้เครื่องแต่งกายทั้งสองแบบสูงขึ้นมาก. ทั้งนี้เนื่องมาจากหลอดเลือดที่ผิวหนังขยายตัวและความร้อนถูกนำมายังผิวกายมากขึ้น แต่เนื่องจากอากาศร้อนและชื้นจึงเป็นอุปสรรคทำให้การระบายความร้อนออกจากร่างกายเป็นไปได้ช้ามาก.

แผนภูมิที่ 2 แสดงให้เห็นว่าอัตราเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังอย่างหนักและขณะฟื้นตัวไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ทั้งนี้เพราะในอากาศแวดล้อมซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสูง เครื่องแต่งกายไม่มีผลต่ออัตราเต้นของหัวใจ. เป็นที่น่าสังเกตว่าอัตราเต้นของหัวใจ

---

[40] Arthur C. Guyton, "Body Temperature, Temperature Regulation, and Fever," Textbook of Medical Physiology. (Philadelphia & London: W.B. Saunders Company, 1970).

ในอุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % เพิ่มขึ้นเร็วและสูงกว่าอากาศนอกห้องทดลอง (นาทีที่ 1 ของการขยายกำลัง = 120 ครั้ง/นาที).

แผนภูมิที่ 1 และ ตารางที่ 2 สมรรถภาพออกซิเจนของเครื่องแต่งกายชุดเปิดดีกว่าชุดปิดประมาณ 3 % แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ. ความดันเลือด (ตารางที่ 12) และน้ำหนักที่ลดลง (แผนภูมิที่ 10) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเครื่องแต่งกายทั้งสองแบบ.

ข้อเสนอแนะ

จากผลของการทดลองนี้ผู้วิจัยใคร่ให้ข้อเสนอแนะซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อวงการพลศึกษาและกีฬาของไทยดังต่อไปนี้คือ

1. ในการเรียนพลศึกษา, การฝึกซ้อมกีฬา, และการแข่งขันกีฬาในสภาพอากาศเช่นประเทศไทย (อากาศร้อนชื้น) ควรจะใช้เครื่องแต่งกายแบบเปิด เช่น เสื้อแขนสั้น กางเกงขาสั้น ถุงเท้าสั้น ไม่รวมหมวก และถ้าเป็นไปได้ควรเลือกใช้เนื้อผ้าที่อากาศสามารถถ่ายเทเข้าออกได้โดยสะดวก และมีขนาดใหญ่กว่าตัวเล็กน้อย แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของกีฬาแต่ละประเภทด้วย

2. ควรฝึกซ้อมหรือแข่งกีฬาในเวลาเช้าหรือเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 28 ± 2 องศาเซ็นติเกรด และความชื้นประมาณ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ควรหลีกเลี่ยงการฝึกซ้อมหรือแข่งขันในวันและเวลาที่มีอากาศร้อน (ประมาณ 40 ± 5 องศาเซ็นติเกรด) และมีความชื้นสัมพัทธ์สูง (ประมาณ 80±10 เปอร์เซ็นต์) โดยเฉพาะในฤดูร้อนและฤดูฝน

3. ควรสร้างสถานที่ฝึกซ้อมหรือแข่งขันกีฬาที่มีเครื่องปรับอากาศเพื่อช่วยให้นักกีฬาสามารถฝึกได้นานและได้ผลดียิ่งขึ้น

4. ระหว่างการฝึกซ้อมหรือแข่งขันควรให้นักกีฬาได้ดื่มน้ำให้มากตามความต้องการของร่างกาย (แต่ไม่มากจนเกินไป) เพื่อชดเชยการสูญเสียน้ำของร่างกาย และถ้าเป็นการฝึกซ้อมกีฬาหนักที่ต้องใช้เวลานานและซ้อมในวันที่มีอากาศร้อน ควรให้นักกีฬาได้ดื่มน้ำผสมเกลือให้เพียงพอเพื่อทดแทนเกลือที่สูญเสียออกมาพร้อมกับเหงื่อ

5. ระหว่างพักหรือหลังการฝึกซ้อมและการแข่งขัน ควรให้นักกีฬาได้ดื่มน้ำเย็นและลูบตัวด้วยน้ำเย็นเพราะจะเป็นการช่วยลดอุณหภูมิของร่างกาย

ในการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของเครื่องแต่งกายและอากาศแวดล้อมที่มีต่อสมรรถภาพออกซิเจนในขณะออกกำลังกายนี้ยังไม่มีผู้ใดได้ทำการวิจัยไว้เลย ดังนั้นผลที่ได้จากการวิจัยนี้จึงเป็นขั้นพื้นฐานและจะช่วยนำไปสู่การวิจัยอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อวงการพลศึกษาและการกีฬาของไทยต่อไป จากการทำการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นว่าควรจะได้มีการทำการทดลอง

ในเรื่องอื่น ๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อวงการพลศึกษาและการกีฬาของไทยดังต่อไปนี้

1. สมรรถภาพออกซิยเจ็นของคนไทย ใช้วิธีของออสตรานด์
2. อิทธิพลของเนื้อผ้าแบบต่าง ๆ ที่มีต่อการออกกำลังอย่างหนัก
3. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวกายและอุณหภูมิภายในของร่างกายในขณะออกกำลังและขณะฟื้นตัวในอากาศแวดล้อมแบบต่าง ๆ
4. อิทธิพลของน้ำที่มีอุณและเย็นต่อสมรรถภาพการทำงานของร่างกาย
5. อิทธิพลการลูบตัวด้วยน้ำเย็นในระหว่างการออกกำลังอย่างหนักต่อสมรรถภาพในการทำงานของร่างกาย
6. อิทธิพลของการดื่มน้ำก่อนการออกกำลังอย่างหนักในภาวะแวดล้อมต่าง ๆ
7. อิทธิพลของอากาศแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อการฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังอย่างหนัก

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาอิทธิพลของอากาศแวดล้อมและเครื่องแต่งกายที่มีต่อสมรรถภาพออกซิยเจ็นในระหว่างการออกกำลังกาย ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยให้นิสิตรายที่มีสุขภาพสมบูรณ์ในระดับกลางและเป็นผู้ที่ไม่มีโรคเกี่ยวกับหัวใจและปอดจำนวน 12 คน, แต่งกายด้วยเครื่องแต่งกาย 2 แบบ คือ แบบปิดและแบบเปิด. ผู้ถูกทดลองออกกำลังถีบจักรยานในห้องที่มีอากาศแวดล้อมต่างกัน 4 แบบคือ อุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %, อุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 %, อุณหภูมิ 28° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %, และอุณหภูมิ 28° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 %. น้ำหนักถ่วงที่ใช้ในการเริ่มต้นออกกำลัง คือ 1.5 กิโลปอนด์, และเพิ่มอีก 0.5 กิโลปอนด์ทุก ๆ 2 นาที, จนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลองขึ้นสูงถึง 190 ± 10 ครั้ง/นาที เมื่อผู้ถูกทดลองไม่สามารถถีบจักรยานต่อไปตามจังหวะที่กำหนดให้ (กำหนดให้กระโดนหมุน 50 รอบ/นาที) และอัตราเต้นของหัวใจอยู่ในภาวะอยู่ตัว (Steady state) หลังจากหยุดถีบจักรยานแล้วยังคงให้ผู้ถูกทดลองนั่งพักอยู่บนจักรยานต่อไปอีก 6 นาที, มันทึกก่อนออกกำลัง, ขณะออกกำลัง,

และหลังการออกกำลังเกี่ยวกับอัตราเต้นของหัวใจ, ความดันเลือด อุณหภูมิผิวกาย, น้ำหนักตัว, น้ำหนักถ่วง, และเวลาของการทำงานเพื่อนำมาศึกษาต่อไป.

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับอิทธิพลของอากาศแวดล้อมมีดังนี้

1. ที่อุณหภูมิ 40°ซ., ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %
   1.1 สมรรถภาพการจับออกซิเจนต่ำกว่าอากาศแวดล้อมอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
   1.2 อัตราเต้นของหัวใจสูงกว่าอากาศแวดล้อมอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
   1.3 อุณหภูมิผิวกายสูงกว่าอากาศแวดล้อมอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
   1.4 ปริมาณงานที่ทำได้มากกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 40°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % แต่น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
   1.5 น้ำหนักตัวที่ลดลงระหว่างการออกกำลังมีปริมาณมากกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
2. ที่อุณหภูมิ 40°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 %
   2.1 สมรรถภาพการจับออกซิเจนต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
   2.2 อัตราเต้นของหัวใจสูงกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. แต่ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 40°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
   2.3 อุณหภูมิผิวกายสูงกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. แต่ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 40°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
   2.4 ปริมาณงานที่ทำได้น้อยกว่าที่อากาศแวดล้อมอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.5 น้ำหนักตัวที่ลดลง ระหว่างการออกกำลังมีปริมาณมากกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. ที่อุณหภูมิ 28°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %

3.1 สมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. แต่ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3.2 อัตราเต้นของหัวใจต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 40°ซ. แต่สูงกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3.3 อุณหภูมิผิวกายต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 40°ซ. แต่สูงกว่าที่อุณหภูมิ28°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3.4 ปริมาณงานสูงกว่าที่อุณหภูมิ 40°ซ. แต่น้อยกว่าอุณหภูมิ 28°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3.5 น้ำหนักตัวที่ลดลงระหว่างการออกกำลังมีปริมาณน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 28°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4. ที่อุณหภูมิ 28°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 65 %

4.1 สมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงกว่าอากาศแวดล้อมอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.2 อัตราเต้นของหัวใจต่ำกว่าอากาศแวดล้อมอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.3 อุณหภูมิผิวกายต่ำกว่าอากาศแวดล้อมอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.4 ปริมาณงานสูงกว่าอากาศแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

4.5 น้ำหนักที่หายไปในระหว่างการออกกำลังมีปริมาณน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 40°ซ. อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่อุณหภูมิ 28°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับอิทธิพลของเครื่องแต่งกายมีดังนี้ :-

1. ไม่มีความแตกต่างระหว่างเครื่องแต่งกายทั้งสองแบบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในเรื่องต่าง ๆ ต่อไปนี้

1.1 สมรรถภาพการจับออกซิเจน

1.2 อัตราเต้นของหัวใจในอุณหภูมิ 40 °ซ.

1.3 น้ำหนักของร่างกายที่ลดลงในระหว่างการออกกำลังในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80 %

1.4 ความกันเลือด

2. เครื่องแต่งกายแบบเปิดดีกว่าแบบปิดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในเรื่องต่าง ๆ ต่อไปนี้

2.1 ปริมาณงาน

2.2 อัตราเต้นของหัวใจที่อุณหภูมิ 28 °ซ.

2.3 ปริมาณน้ำหนักที่ลดลงระหว่างการออกกำลังในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 65 %

2.4 อุณหภูมิผิวกาย

3. เครื่องแต่งกายแบบปิดดีกว่าแบบเปิดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในเรื่องของปริมาณการทำงานที่อุณหภูมิ 40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %