

ดัชนีชี้วัดการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อนที่เหมาะสม สำหรับคนงานในโรงงานหล่อหลอมโลหะ

SUITABLE HEAT STRAIN INDEX FOR WORKERS INA FOUNDRY

สุมิตรา ดอกเข็ม¹, วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์¹, วรกมล บุญยโยธิน¹, อรุณรักษ์ คูเปอร์ มีใย², อริยะ บุญงามชัยรัตน์
Sumitra Dokkem¹, Wantanee Phanprasit¹, Vorakamol Boonyayothin¹
and Aronrag Cooper Meeyai², Ariya Bunnngamchairat

ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล¹,
ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล²
Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health Mahidol University¹,
Department of Biostatistics, Faculty of Public Health Mahidol University²

บทคัดย่อ

การศึกษาภาคตัดขวางในโรงงานหล่อหลอมโลหะเพื่อศึกษาการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อน (heat strain) ของผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตที่ร้อน เมื่อทำงาน (Work load) เบา ปานกลาง และหนัก เพื่อระบุตัวชี้วัดการตอบสนองต่อความร้อนของร่างกายซึ่งสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม (WBGT) และภาระงานมากที่สุด โดยการวัดอุณหภูมิแกนทางช่องหู อัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงาน และอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อฟื้นตัวด้วย Personal Heat Stress Monitor รุ่น 3 MTM QUESTEMP olli และ Polar A300 Heart Rate Monitor Watch ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันตรวจวัดอุณหภูมิ WBGT ด้วย 3M QUESTemp 34°C - WBGT Model Serial Number TPI050069. และประมาณอัตราการเผาผลาญอาหารของผู้ปฏิบัติงานขณะทำงานต่อเนื่อง 2 ชั่วโมงตามแนวทางของคณะกรรมการบริหารงานความปลอดภัยและสุขภาพอนามัย การประกอบอาชีพ (OSHA) ประเทศสหรัฐอเมริกาผู้เข้าร่วมวิจัย 58 คน เป็นผู้ปฏิบัติงานเพศชายที่สมัครใจเข้าร่วมและทำงานในกระบวนการผลิตที่มีแหล่งความร้อน แบ่งเป็นผู้ที่ทำงานเบา 19 คน งานปานกลาง 25 คน และงานหนัก 14 คน ผลการศึกษาพบว่า มีเพียงอุณหภูมิแกนของร่างกายเท่านั้นที่สัมพันธ์กับภาระงาน และอุณหภูมิ WBGT อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) มีค่าเท่ากับ 0.282 และ 0.379 ตามลำดับ นั่นคืออุณหภูมิแกนซึ่งวัดทางช่องหูเป็นตัวชี้วัดการตอบสนองต่อความร้อนของร่างกายได้ดีกว่าตัวชี้วัดอื่นในการศึกษานี้ และมีสมการความถดถอยเชิงเส้นดังนี้ อุณหภูมิแกนของร่างกาย = $30.971 + 0.188$ (WBGT) + 0.003 (ภาระงาน); $R^2 = 0.312$ และ P -value < 0.05

คำสำคัญ : การตอบสนองของร่างกายต่อความร้อน / การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนทางช่องหู / การวัดการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานและเมื่อฟื้นตัว

Abstract

A cross-sectional study was conducted in a foundry factory to explore heat strain index among the foundry workers with light, moderate and heavy workloads. The most suitable heat strain index correlating best with heat stress (Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), and workload) would be identified. The body core temperature, peak heart rate and recovery heart rate were monitored using Personal Heat Stress Monitor, 3MTM QUESTEMP olli and Polar A300 Heart Rate Monitor Watch respectively. In addition WBGT was monitored by 3M QUESTemp 34°C - WBGT Model Serial Number TPI050069. The metabolic rate of each participant was estimated in 2 hours in the same period with all above monitoring according to the guidelines of the Occupational Safety and Health Administration (OSHA), USA. The participants were 58 volunteer workers who work in hot processes among these 19, 25, and 14 were classified in light, moderate and heavy work. The result of the study showed that only the body core temperature was correlated with workload and WBGT ($P < 0.05$) when analyzed by the

Multiple Regression, and the correlation coefficient (r) were 0.282 and 0.379, respectively. Conversely, working heart rate and recovery heart rate were not correlated with workload and WBGT. Thus it may conclude that the body core temperature is better indicator for heat strain than the working heart rate and recovery heart rate. The regression equation was Body Core Temperature = 30.971 + 0.188 (WBGT) + 0.003 (work load); R² = 0.312 and P-value < 0.05

Keywords : HEAT STRAIN, BODY CORE TEMPERATURE, WORKING HEART RATE, RECOVERY HEART RATE

บทนำ

ความร้อนสามารถก่อผลกระทบต่อสุขภาพจากการทำงานแบบเสียบปลั๊กและอาจเป็นอันตรายแก่ชีวิตได้ หากไม่มีการบริหารจัดการการทำงานที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ แหล่งความร้อนที่มีอิทธิพลต่อความร้อนในร่างกายของมนุษย์มาจากสองแหล่งที่สำคัญคือ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายจากกระบวนการเผาผลาญอาหาร และความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเช่น กระบวนการผลิต เครื่องจักร ดวงอาทิตย์ ฯลฯ^(2,3,6) ร่างกายได้รับหรือสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) เพื่อให้เกิดสมดุลความร้อนในร่างกายโดยการนำ การพา และการแผ่รังสี^(2,12) ทั้งนี้ร่างกายทนทานต่อความร้อนที่เพิ่มขึ้นได้ในขีดจำกัด นั่นคือ อุณหภูมิแกนประมาณ 37 ± 0.6 องศาเซลเซียส^(4,5) ดังนั้น หากยังคงมีความร้อนสะสมต่อเนื้อเยื่อในร่างกายตอบสนองเพื่อควบคุมอุณหภูมิแกนให้คงที่ในระดับดังกล่าว โดยการขับเหงื่อและเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือดมาที่ผิว ซึ่งอาจเป็นผลให้ร่างกายขาดน้ำ เสียสมดุลของเกลือแร่ หัวใจเต้นเร็วขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจึงถูกใช้เป็นตัวชี้วัดดัชนีชี้สุขภาพความร้อน (Heat Index) เพื่อลดความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน และใช้เฝ้าระวังระดับความร้อนในร่างกายไม่ให้สูงเกินค่าที่เชื่อว่าปลอดภัยสำหรับคนส่วนใหญ่ เช่น 38 องศาเซลเซียส^(6,13) และใช้ศึกษาการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อน^(14,15) ทั้งนี้ หากไม่สามารถรักษาสมดุลความร้อนในร่างกายได้ อาจทำให้เกิดความเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อน (หากความร้อนสะสม) หรือความเย็น (หากสูญเสียความร้อน) อาการแสดงของการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อน เช่น โรคลมแดด (Heat Syncope), ตะคริวเนื่องจากความร้อน (Heat Cramp), เหนื่อยล้าเนื่องจากความร้อน (Heat Exhaustion) หรือ โรคลมร้อน (Heat Stroke) เป็นความเจ็บป่วยที่รุนแรงที่สุด อาจถึงแก่ชีวิตได้⁽⁶⁾ มักเกิดกับผู้ที่ปฏิบัติงานในที่ที่มีความร้อนและความชื้นสูง ร่างกายไม่สามารถควบคุมความร้อนได้ อุณหภูมิร่างกายสูง (40 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า)

เพื่อลดความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและเฝ้าระวังระดับความร้อนในร่างกายไม่ให้สูงเกินค่าที่เชื่อว่าปลอดภัยสำหรับคนส่วนใหญ่ American Conference of Government Industrial Hygienist (ACGIH)⁽⁶⁾ ได้กำหนดให้ความร้อนในร่างกายจากการทำงานไม่ควรทำให้อุณหภูมิแกนของร่างกายสูงเกิน 38.0°C สำหรับคนที่ไม่คุ้นเคยกับความร้อนหรือสูงเกิน 38.5°C สำหรับคนที่คุ้นเคยกับความร้อน

หรือทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะทำงานมีค่ามากกว่า 180 ครั้งต่อนาทีลดด้วยอายุปัจจุบัน หรือทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเมื่อหยุดพัก 1 นาทีหลังจากการทำงานมีค่ามากกว่า 120 ครั้งต่อนาที หรือมีอาการบางอย่างอย่างรุนแรงหรือเกิดขึ้นทันที เช่น อาการเหนื่อยล้า, คลื่นไส้, เวียนศีรษะ, มึน งง หน้ามืด, รู้สึกชีพจรเต้นแรงในร่างกาย

สำหรับประเทศไทยประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานเกี่ยวกับระดับความร้อนภายในสถานประกอบการกิจการ ภายใต้กระทรวงแรงงาน⁽²⁾ กำหนดให้อุณหภูมิเวดบัลบ์โลก (WBGT) ในเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของปีและช่วงเวลาสองชั่วโมงที่ร้อนที่สุดของวันกิจการที่ต้องดำเนินการตรวจวัด ได้แก่ การถลุง หล่อหลอมหรือรีดโลหะ กิจการที่มีแหล่งกำเนิดความร้อนหรือมีการทำงานที่อาจทำให้อุณหภูมิได้รับอันตรายเนื่องจากความร้อน และกำหนดให้นายจ้างจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ที่สามารถกันความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนเพื่อไม่ให้อุณหภูมิในร่างกายเกิน 38 องศาเซลเซียส⁽¹⁾

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาดัชนีชี้วัดการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อนที่เหมาะสม สำหรับเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในสถานที่ร้อน ในโรงงานหล่อหลอมโลหะ ตัวแปรอิสระที่ศึกษาคือ ภาระงาน และ WBGT ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิแกนของร่างกาย, อัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานและเมื่อฟื้นตัว ทั้งนี้ การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษามาตรฐานและวิธีการประเมินสภาพแวดล้อมและภาระงานในการทำงานเกี่ยวกับความร้อนและพัฒนาหลักสูตรประเมินภาระงาน ซึ่งได้รับอนุมัติโครงการจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เอกสารรับรองเลขที่ MUPH 2015-147 รหัสโครงการ 142/2558

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบตัดขวางในภาคสนาม (Cross Sectional Field Study) ทำการตรวจวัดอุณหภูมิ WBGT ต่อเนื่อง 2 ชั่วโมง ในพื้นที่คนงานปฏิบัติงาน ด้วยเครื่องมือ 3M QUESTemp34°C - WBGT Model Serial Number TP1050069 และวัดการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อน จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนทางช่องหู ด้วยเครื่องมือ Personal Heat Stress Monitor รุ่น 3MTM QUESTEMP o11 และอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานและเมื่อฟื้นตัวด้วย

Polar A300 Heart Rate Monitor Watch รวมทั้งประมาณอัตราการเผาผลาญอาหารของคนผู้ปฏิบัติงานขณะทำงานต่อเนื่อง 2 ชั่วโมงตามแนวทางที่แนะนำโดย Occupational Safety and Health Administration (OSHA) มีผู้ร่วมวิจัยเป็นคนงานเพศชายในโรงงานหล่อหลอมโลหะที่ทำงานที่กำหนดจำนวน 58 คน เป็นผู้ที่คุ้นเคยกับความร้อนสุขภาพแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัวหรืออาการเจ็บป่วยที่ต้องรับประทานยาไม่ได้ดื่มแอลกอฮอล์ใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านมาและสมัครใจเข้าร่วมโครงการ งานที่คัดเลือกเพื่อการศึกษาครั้งนี้มี 8 งาน ผ่านการประเมินภาระงานโดยการคำนวณตามแนวทางของ OSHA Technical Manual และแบ่งระดับภาระงานตามที่กำหนดโดยกระทรวงแรงงานเป็น 3 ระดับ คือ งานเบา งานปานกลาง และงานหนัก ดังนี้

งานเบา 3 งาน ได้แก่

- งานปรับคุณภาพโลหะก่อนเท: ผู้ร่วมวิจัยมีหน้าที่ปรับแต่งสารในน้ำโลหะตัวอย่าง ด้วยการตักสิ่งสกปรกจากการปรับแต่ง และตรวจเช็คอุณหภูมิ
- งานเทโลหะ: ผู้ร่วมวิจัยมีหน้าที่ยืนควบคุมการเทน้ำโลหะจากเครื่องจักร
- งานปั้นไส้แบบ: ผู้ร่วมวิจัยมีหน้าที่ควบคุมการทำงานเครื่องจักร ด้วยการนำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร

งานปานกลาง 3 งาน ได้แก่

- งานแยกชิ้นงาน: ผู้ร่วมวิจัยมีหน้าที่แยกชิ้นงานออกจากก้านชิ้นงานด้วยเครื่องมือเฉพาะ
- งานขัดชิ้นงาน: ผู้ร่วมวิจัยมีหน้าที่ยกชิ้นงานที่ผ่านการตัดแยกเข้าเครื่องขัดชิ้นงานเพื่อทำความสะอาด
- งานเจียร: ผู้ร่วมวิจัยมีหน้าที่ขัดแต่งผิวที่ไม่เรียบของชิ้นงานโดยการยกชิ้นงานขึ้นเจียรบนแท่นเจียร

งานหนัก 2 งาน ได้แก่

- งานตักแอสล็ก: ผู้ร่วมวิจัยมีหน้าที่ปรับแต่งสาร, กวนและตักสิ่งสกปรกจากการปรับแต่ง
- งานซ่อมเบ้า: ผู้ร่วมวิจัยมีหน้าที่เจาะทำความสะอาดและปรับแต่งเบ้าเทน้ำโลหะ

ผู้ร่วมวิจัยทั้ง 58 คนได้รับทราบขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์และลงนามเข้าร่วมการศึกษาวิจัย ก่อนติดตั้ง Personal Heat Stress Monitor รุ่น 3MTM QUESTEMP oII และสวม Polar A300 Heart Rate Monitor Watch เพื่อติดตามตรวจวัดอุณหภูมิแกนทางช่องหูและอัตราการเต้นของหัวใจทั้งในขณะที่ทำงานและเมื่อพื้่นตัว ตามลำดับการติดตามตรวจวัดนี้จะดำเนินไปเป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อเนื่องพร้อมกับการประเมินภาระงานของผู้ร่วมวิจัยและตรวจวัดอุณหภูมิ WBGT ในพื้นที่ที่ผู้ร่วมวิจัยทำงาน ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจเมื่อพื้่นตัว

จะถูกวัดต่อเนื่องในนาที่ที่ 121 เมื่อหยุดพัก 1 นาทีหลังจากการทำงาน ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดทั้งหมดถูกถ่ายเข้าเก็บในคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ภาระงานและ WBGT) กับตัวแปรตาม (อุณหภูมิแกนของร่างกาย, อัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงาน, อัตราการเต้นของหัวใจเมื่อพื้่นตัว) ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ผลการศึกษา

จากการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 58 คน เพื่อเก็บข้อมูลส่วนบุคคลและประสบการณ์ทำงาน พบว่าอายุเฉลี่ย (SD) คือ 29.84 (4.52) ปี มีประสบการณ์ทำงานในตำแหน่งขณะศึกษา 2 ปีขึ้นไป ดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ ค่าเฉลี่ย (SD) คือ 24.53 (3.33) และเมื่อเปรียบลักษณะบุคคลของทั้งสามกลุ่มภาระงานพบว่าไม่แตกต่างกัน สรุปข้อมูลจากแบบสอบถามได้ดังตารางที่ 1

สภาพแวดล้อมการทำงานทั้ง 8 งาน และผลการตรวจติดตามทางสรีระวิทยาของผู้ร่วมวิจัยทั้ง 58 คนในระดับภาระงานเบา 19 คน งานปานกลาง 25 คน และงานหนัก 14 คน ดังแสดงใน ตารางที่ 2 พบว่า เมื่อพิจารณาารวมทุกระดับภาระงาน ไม่มีผู้ร่วมวิจัยคนใดมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเกิน 180 – อายุ และมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเมื่อพื้่นตัวไม่เกิน 120 bpm มีผู้ร่วมวิจัย 39 คน ทำงานในสภาพแวดล้อมที่ WBGT ไม่เกินมาตรฐานของกระทรวงแรงงานแต่ในจำนวนนี้ 6 คน (15.38%) มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแกนสูงกว่า 38°C คนเหล่านี้ 2 คนอยู่ในกลุ่มภาระงานเบา 2 คน มีภาระงานปานกลาง และอีก 2 คน มีภาระงานหนัก จากการสังเกตในขณะที่เก็บข้อมูล พบว่า

- กลุ่มภาระงานเบาผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 คนดังกล่าวทำงานปรับคุณภาพโลหะก่อนเท ภาระงานอยู่ในช่วง 166-183 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระงานคือรอบระยะเวลาในการปรับคุณภาพของน้ำโลหะ ภาระงาน 166 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมงรอบการทำงานประกอบด้วย ทำงาน 2 นาทีและยืนรองาน 3 นาที ในขณะที่กลุ่มภาระงาน 183 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง มีรอบระยะเวลาในการทำงาน 2 นาทีและยืนรองาน 2 นาที นอกจากนี้ในบริเวณที่ทำงานปรับคุณภาพโลหะก่อนเทไม่มีระบบลมเย็น และมีภาระงานสูงสุดในกลุ่มภาระงานเบา

- กลุ่มภาระงานปานกลางผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 คนที่มีอุณหภูมิแกนสูงกว่า 38°C ทำงานเจียรแต่งในแผนก A อัตราการเผาผลาญอาหารหรือภาระงานเท่ากับ 316 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในกลุ่มภาระงานเดียวกันนี้เนื่องจากชิ้นงานมีน้ำหนักมาก (7-8 กิโลกรัมต่อชิ้น) ในขณะที่งาน Grinding ในแผนก B ชิ้นงานมีน้ำหนักน้อยกว่า (3-4 กิโลกรัม) และพื้นที่ทำงานเจียรแต่งไม่มีระบบท่อลมเย็น

- กลุ่มภาระงานหนักผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 คนที่มีอุณหภูมิแกนสูงกว่า 38°C ทำงานซ่อมเบ้า เป็นงานหนักที่มีอัตราการเผาผลาญอาหารสูงสุด นั่นคือ 420 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ

ตารางที่ 1 ลักษณะของผู้ร่วมวิจัยในแต่ละภาระงาน

ตัวแปร	คุณภาพการนอนหลับ			
	งานเบา	งานปานกลาง	งานหนัก	ทั้งหมด
จำนวนผู้ร่วมวิจัย (คน)	19	25	14	58
เปอร์เซ็นต์ อายุ (ปี)	(33%)	(43%)	(24%)	58
MeanS.D. ±	31.26 ± 3.38	27.20 ± 4.15	32.64 ± 4.14	29.84 ± 4.52
น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
MeanS.D. ±	72.68 ± 11.95	68.00 ± 6.18	70.64 ± 12.38	70.17 ± 10.02
ความสูง(เซนติเมตร)				
MeanS.D. ±	171 ± 4.94	169.2 ± 45.03	166.5 ± 6.48	169.16 ± 5.55
ดัชนีมวลกาย				
MeanS.D. ±	24.86 ± 4.08	23.76 ± 2.16	25.45 ± 3.48	24.53 ± 3.33
ประสบการณ์ทำงานในตำแหน่ง(ปี)				
MeanS.D. ±	24.86 ± 4.08	23.76 ± 2.16	25.45 ± 3.48	24.53 ± 3.33

ตารางที่ 2 ภาระงาน, อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อน

ลักษณะงาน	Avg.Work load (Kcal/hrs.)	WBGT (oC)	Avg.Core Temp (oC)	Avg.Working Heart Rate (bpm)	Recovery heart rate (bpm)
1.งานเบา					
Min	96	31.59	37	85	85
Max	31.59	34.73	39.8	139	106
Mean	37	33.01	37.65	102.26	93.16
S.D.	85	0.97	0.74	13.94	6.41
2. งานปานกลาง					
Min	246	28.73	36.8	79	71
Max	326	33.19	40.1	127	113
Mean	283.76	30.93	37.71	101.08	92.64
S.D.	25.31	1.57	0.70	14.40	11.71
3. งานหนัก					
Min	353	29.07	37	79	74
Max	420	34.36	38.4	123	113
Mean	379.36	31.76	37.93	106.36	97.00
S.D.	22.69	2.05	0.45	12.31	11.77

ภาระงานคือ ความเร่งรีบในการทำงาน กล่าวคือ ทำงานเจาะต่อเนื่อง 50 นาทีและยืนพักเพียง 10 นาที แม้นในพื้นที่ทำงานมีพัดลมพัดระบายความร้อนแต่ช่วยได้ไม่มากนัก

ผลการทดสอบทางสถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) จากตารางที่ 3 พบว่ามีเพียงอุณหภูมิแกนของร่างกายเท่านั้นที่สัมพันธ์กับภาระงาน และอุณหภูมิ WBGT อย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) มีค่าเท่ากับ 0.282 และ 0.379 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมและการตอบสนองต่อความร้อนของร่างกายในแต่ละภาระงาน ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Method Enter) จากตารางที่ 4 แสดงว่า อุณหภูมิ WBGT และ ภาระงาน มีความสัมพันธ์ในทาง

บวกกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยตัวแปรทั้งสองนี้ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนได้ร้อยละ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สมการความถดถอยที่ได้ คือ $Y=30.971+0.188X1+0.003X2$

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษา (ตารางที่ 2) สรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนของร่างกาย เพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่สามารถเป็นดัชนีบ่งชี้ความเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อนในงานที่ศึกษาและเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในทางสถิติ (จากตารางที่ 4) พบว่า อุณหภูมิ WBGT และภาระงาน มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เพียงดัชนีเดียวเช่นเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

อภิปรายผลการศึกษา

เมื่อค่า WBGT ในสภาพแวดล้อมไม่เกินค่ามาตรฐานความร้อน สำหรับระดับภาระงานนั้นๆ ตามข้อกำหนดของกระทรวงแรงงาน

ภาระงานปานกลางไม่เกิน 330 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ WBGT ไม่เกิน (32°C) และภาระงานหนักไม่เกิน 463 กิโลแคลอรีต่อ ชั่วโมงที่อุณหภูมิ WBGT ไม่เกิน (30°C)

ดังนั้นผลจากการศึกษานี้จึงเสนอแนะให้เฝ้าระวังการการตอบสนองทางสรีระวิทยาต่อความร้อนของคนงานที่ปฏิบัติงานในที่ร้อน

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (N = 58)

ตัวแปร		R2	F Change	B	P
อุณหภูมิแกนของร่างกาย	WBGT	0.312	12.445	0.188	0.000*
	ภาระงาน			0.003	0.001*
	ค่าคงที่			30.971	0.000*
อัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงาน	WBGT	0.087	2.615	1.515	0.152
	ภาระงาน			0.041	0.039*
	ค่าคงที่			43.818	0.216
อัตราการเต้นของหัวใจเมื่อพักผ่อน	WBGT	0.112	3.458	1.548	0.053
	ภาระงาน			0.032	0.031*
	ค่าคงที่			36.301	0.167

*p-value < 0.05

จากสมการความถดถอย $Y=30.971+0.188X_1+0.003X_2$ จะกำหนดให้ Y: การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนของร่างกาย (หน่วย: 1°C)

X_1 : อุณหภูมิ WBGT (หน่วย: 1 °C) X_2 : ภาระงาน (หน่วย: 1 Kcal)

ผู้ร่วมวิจัย 6 คน (15.38%) มีอุณหภูมิแกนเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแกนใน 2 ชั่วโมงของการตรวจวัด สูงกว่าค่ามาตรฐานกำหนด (38°C) ในขณะที่ค่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงาน ในทุกภาระงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในกลุ่มงานเบามีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะทำงานของผู้ร่วมวิจัยเท่ากับ 66 ครั้งต่อนาที, งานปานกลางมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะทำงานของผู้ร่วมวิจัยเท่ากับ 46 ครั้งต่อนาที และ งานหนักมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะทำงานของผู้ร่วมวิจัยเท่ากับ 76 ครั้งต่อนาที แต่การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานในทุกภาระงาน ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด (180 - age) และการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อพักผ่อน คือ เมื่อหยุดทำงานหนึ่งนาที ในทุกภาระงาน มีค่าลดลง เป็นไปตามค่ามาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 120 ครั้งต่อนาที) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานและเมื่อพักผ่อน มีการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นลงง่าย ประกอบกับคนงานที่เข้าร่วมการศึกษาคือเป็นผู้มีสุขภาพแข็งแรง ร่างกายจึงสามารถปรับตัวเมื่อหยุดพัก 1 นาทีหลังจากการทำงานได้ดี

ภายใต้ค่ามาตรฐาน จากผลการศึกษาที่พบว่าการทำงานต่อ เนื่องกับความร้อนภายใต้ข้อกำหนดของกระทรวงแรงงาน มีคนงาน ในทุกภาระงานมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนมากกว่าค่ามาตรฐาน (38°C) และสมการความถดถอยที่ได้จากงานวิจัย คือ $Y=30.971+ 0.188X_1+0.003X_2$ ดังนั้นการทำงานกับความร้อนควร พิจารณาเรื่องเวลาหยุดพักในระหว่างการทำงานกับความร้อน เพื่อให้

ด้วยวิธีการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนทางช่องหู เนื่องจาก สามารถสะท้อนการตอบสนองต่อความร้อนของร่างกายได้ดีกว่าการ เปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานและเมื่อพักผ่อน

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงแรงงาน.กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อนแสงสว่างและเสียง พ.ศ. 2549,2549.
2. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. แนวปฏิบัติตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อนแสงสว่างและเสียง พ.ศ. 2549 เรื่องการตรวจวัดสภาพความร้อน, 2549.
3. วันทนีย์ พันธุ์ประสิทธิ์. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม กลยุทธ์ ประเมิน ควบคุมและจัดการ.กรุงเทพฯ :เบสท์ กราฟฟิค เพรสจำกัด; 2557.
4. ปณภัญ เอื้อวิทยา. อุณหภูมิภายใน:พัฒนา วัฒนาภา, สุพัตรา โล่ห์สิริวัฒน์, สุพรพิมพ์ เจียสกุล, บรรณาธิการ.สรีรวิทยา 1. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล; 2557. หน้า 11-26.
5. คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา.สรีรวิทยา.ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:

เท็กแอนด์เจอร์นัล พับลิเคชัน;2545.

6. American Conference of Government Industrial Hygienist. Heat stress and heat strain. Cincinnati, Ohio (USA): ACGIH; 2007.

7. U.S. Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration, OSHA Technical Manual-SECTION III. [Online].2015.[cited 2015,June10]AvailableFrom https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html

8. Occupational Safety & Health Administration.Using the Heat Index: A Guide for EmployersMonitoring Workers at Risk of Heat-related Illness.[Internet][cited2015,June10]. AvailableFrom:https://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/pdfs/monitoring_workers.pdf

9.QUESTemp° Personal Heat Stress Monitor User Manual.Available From: <https://multimedia.3m.com/mws/media/760836O/3m-questemp-ii-heat-stress-monitor-user-manual.pdf>

10. Heat Stress Instrumentation.Available From :https://osha.gov/dts/osta/otm/otm_ii/pdfs/otmii_chpt3_heatstress.pdf

11. POLAR A300 Heart Rate Monitor User Manual. AvailableFromhttps://polar.com/e_manuals/A300/Polar_A300_user_manual_English/manual.pdf

12. Anita Holdcroft. Body Temperature Control. London :Cassell; 1980.

13. Ann M. Krake. Extremes of Temperature. In: Barry S. Levy , David H. Wegman , Sherry L.Baron , Rosemary K. Sokas, editors. Occupational and Environmental Health Recognizing and Preventing Disease and Injury. 6thed. New York: Oxford University Press; 2011. p 227-257.

14. Veronica Miller, Graham Bates, John D. Schneider and Jens Thomsen : Self-Pacing as a protective Mechanism against the effects of heat stress. Ann. Occup. Hyg., pp. 1-8 (2011)

15. A Study of heat stress exposures and interventions for mine rescue worker. Available From: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/asohs.pdf>