ความร้อน: ผลกระทบต่อสุขภาพ การตรวจวัด ค่ามาตรฐานและการปรับตัวให้ทน กับสภาพความร้อน

ทัศน์พงษ์ ตันติปัญจพร
Received: May 3, 2019
Revised: June 12, 2019
Accepted: July 19, 2019

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันเป็นสาเหตุทำให้สภาพอากาศร้อนมาก การสัมผัสความร้อนในสถานที่ทำงานจึงเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลต่อสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงาน บทความฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะอธิบายผลกระทบต่อสุขภาพของความร้อน การตรวจวัดความร้อน ค่ามาตรฐานความร้อน และการปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อนของผู้ปฏิบัติงาน

ผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อน ประกอบด้วย โรคลมแดด เหนื่อยล้าเนื่องจากความร้อน ตะคริวเนื่องจากความร้อน การหมดสติชั่วคราวจากแดด/ความร้อน ผดจากความร้อน การบวมน้ำจากแดด/ความร้อน และการชักเกร็งจากแดด/ความร้อน ประเทศไทยได้ใช้อุณหภูมิกระเปาะเปียกและโกลบ เป็นดัชนีบ่งชี้สภาพปัญหาความร้อน การประเมินการสัมผัสความร้อนต้องพิจารณาการตรวจวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและโกลบร่วมกับการประเมินภาระงาน โดยผลการประเมินภาระงานจะจำแนกเป็นงานเบา งานปานกลาง และงานหนัก ทั้งนี้ การประเมินภาระงานด้วยวิธีการคัดกรองและวิธีการสังเกตเพียงพอสำหรับการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสความร้อนสำหรับนักอาชีวอนามัย นอกจากนี้การจัดโปรแกรมการปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อนสำหรับผู้ปฏิบัติงานใหม่และผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์เป็นมาตรการที่สามารถควบคุมและป้องกันผลกระทบจากการสัมผัสความร้อนได้

คำสำคัญ:

ผลกระทบของความร้อน / การตรวจวัดความร้อน / ค่ามาตรฐานความร้อน / การปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อน

ผู้รับผิดชอบบทความ: อาจารย์ทัศน์พงษ์ ตันติปัญจพร คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 E-mail: tadpongt@nu.ac.th

วท.ม. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) อาจารย์ประจำสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Heat: Health Effects, Measurement, Standard and Heat Acclimatization

Tadpong Tantipanjaporn*

Abstract

Currently changing climate cause extreme hot weather, workplace heat exposure is a significant problem that affect worker's health and safety. This article aims to describe the health effects of heat exposure, heat measurement, heat standard, and heat acclimatization of workers.

Health effects of heat exposure compose of heat stroke, heat exhaustion, heat cramp, heat syncope, heat rash, heat edema, and heat tetany. Wet bulb globe temperature (WBGT) has been used as a heat stress indices in Thailand. Heat exposure assessment is considered by WBGT measurement and workload assessment. The workload assessment, which divided into light, moderate, and heavy with screening and observation methods are sufficient for heat exposure risk assessment of occupational health staffs. Moreover, heat acclimatization program for both new and experienced workers is a measure that can control and protect the effects of heat exposure.

Keywords:

Health Effects of Heat / Heat Measurement / Heat Standard / Heat Acclimatization

**Corresponding Author: Tadpong Tantipanjaporn; Division of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Naresuan University, 99 Moo 9. Ta Pho Sub-District, Muang District, Phitsanulok 65000; E-mail:tadpongt@nu.ac.th, tadpongt@nu.ac.th*

**M.Sc. (Occupational Health and Safety) Lecturer in Division of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health,Naresuan University.*

1. บทนำ

ข้อมูลจากสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2560) พบผู้ป่วยโรคจากความร้อน (จากการทำงาน) ใน พ.ศ. 2560 มีจำนวน 103 ราย คิดเป็นอัตราป่วยต่อประชากรแสนรายเท่ากับ 0.17 โดยอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงจากความร้อน เช่น โรงงานหล่อ หลอม ถลุง และรีดโลหะ โรงงานทำแก้วและเซรามิค โรงงานทำอาหารที่ต้องใช้เตาเผาหรือเตาอบ โรงงานฟอกหนัง โรงงานน้ำตาลทราย และงานก่อสร้าง เป็นต้น (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, ม.ป.ป.) อุตสาหกรรมเหล่านี้สร้างความร้อนเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมการทำงาน

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มนุษย์รับรู้ได้โดยการสัมผัส เมื่อร่างกายได้รับความร้อนหรือสร้างความร้อนขึ้นจะต้องถ่ายเทความร้อนออกไป โดยร่างกายพยายามรักษาสมดุลของอุณหภูมิให้คงที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งการวัดที่ทวารหนักจะเป็นตำแหน่งที่มีแม่นยำมากที่สุด (Osilla and Sharma, 2019) ถ้าร่างกายไม่สามารถรักษาสมดุลของระบบควบคุมความร้อนได้จะมีผลกระทบทั้งด้านจิตใจและร่างกาย ในการตรวจวัดความร้อนของประเทศไทยได้ใช้ดัชนีบ่งชี้สภาพปัญหาความร้อนคือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Temperature; WBGT) ซึ่งต้องพิจารณาร่วมกับการประเมินภาระงาน (Work load) โดยงานที่ผู้ปฏิบัติงานทำในลักษณะงานเบา งานปานกลาง และงานหนักต้องมีระดับความร้อนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ WBGT ไม่เกิน 34, 32 และ 30 °C ตามลำดับ (กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559, 2559) ทั้งนี้การประเมินภาระงานสามารถดำเนินการได้หลายวิธี ได้แก่ การคัดกรอง การสังเกต การวิเคราะห์ และระดับเชี่ยวชาญ (ISO, 2004) ซึ่งวิธีการคัดกรองและวิธีการสังเกตนั้น เพียงพอสำหรับการประเมินความเสี่ยงเนื่องจากความร้อนในการทำงานปกติของนักอาชีวอนามัยแล้ว นอกจากนี้ หากผู้ปฏิบัติงานเริ่มสัมผัสกับความร้อน ควรจัดโปรแกรมการปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อน (heat acclimatization) ซึ่งเป็นมาตรการหนึ่งที่สามารถควบคุมและป้องกันผลกระทบจากการสัมผัสความร้อนได้ โดยจำกัดระยะเวลาการทำงานในวันแรกให้สั้น และค่อยๆ เพิ่มระยะเวลาทำงานขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเต็มเวลาตามข้อกำหนดของงานนั้นๆ ดังนั้นเนื่องด้วยสภาพปัญหาความร้อนที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ประกอบกับมีการบังคับใช้กฎกระทรวงฉบับใหม่ที่เกี่ยวกับความร้อน เรื่อง “กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559” ผู้เขียนจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะอธิบายผลกระทบต่อสุขภาพของความร้อน การตรวจวัดความร้อน ค่ามาตรฐานความร้อน และการปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ได้มาตรฐาน ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความปลอดภัยและสุขภาพที่ดีในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน

2. เนื้อเรื่อง

2.1 แหล่งความร้อนที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิแกนกลาง

อันตรายจากความร้อนพบได้ทั่วไปทั้งสภาพแวดล้อมการทำงานภายในอาคาร (indoor) หรือภายนอกอาคาร (outdoor) โดยหลายปัจจัยเสี่ยงเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับความร้อน เช่น แหล่งของความร้อนภายในอาคาร อุณหภูมิและความชื้นที่สูง การเคลื่อนไหวของอากาศที่จำกัด การออกแรงทางกาย การสวมใส่เสื้อผ้าและอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ปัญหาสุขภาพ อายุ หญิงตั้งครรภ์ เป็นต้น (NIOSH, 2016) ทั้งนี้ แหล่งความร้อนที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิแกนกลางมี 2 ส่วน ได้แก่

2.1.1 ความร้อนจากการเผาผลาญสารอาหาร (Metabolism Heat) อุณหภูมิตามส่วนต่างๆ ของร่างกายจะแตกต่างกันไปตามปริมาณเลือดที่ไหลไปยังบริเวณร่างกายนั้น อุณหภูมิของร่างกายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ อุณหภูมิแกน (core temperature) คือ อุณหภูมิของอวัยวะที่อยู่ภายในร่างกาย เช่น สมอง หัวใจ ปอด ตับ ไต และระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น และอุณหภูมิที่ผิว (surface temperature) คือ อุณหภูมิที่กล้ามเนื้อและ

ผิวหนัง ดังนั้น แหล่งการสร้างความร้อนในร่างกายได้มาจาก 2 ทาง คือ 1) การทำงานของกล้ามเนื้อ (shivering) ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานเคมีที่เกิดขึ้นจากการหดตัวของกล้ามเนื้อไปเป็นความร้อน และ 2) เมแทบอลิซึม (metabolism) ในภาวะปกติความร้อนส่วนใหญ่เกิดได้จากการเผาผลาญอาหารภายในร่างกาย เป็นกระบวนการทางเคมีที่ผลิตพลังงานเพื่อใช้ทำกิจกรรมต่างๆ ของร่างกาย โดยร่างกายจะนำพลังงานมาใช้เพียงส่วนหนึ่งซึ่งน้อยมากเพียงร้อยละ 10-20 ในขณะที่พลังงานอีกส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนถึงร้อยละ 80-90 จึงอาจถือได้ว่า พลังงานที่ได้จากการเผาผลาญอาหารทั้งหมดเท่ากับพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าภาระงาน (work load) เป็นพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากอัตราการเผาผลาญอาหารของร่างกายนั่นเอง (กระทรวงแรงงาน, ม.ป.ป.; วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

2.1.2 ความร้อนจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Heat) การถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายและสิ่งแวดล้อมจะเกิดขึ้นเมื่อมีระดับความร้อนในวัตถุหรือสสารและสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน โดยจะถ่ายเทจากระดับความร้อนสูงไปยังต่ำเสมอ การถ่ายเทความร้อนมี 4 วิธี ได้แก่ การนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) การแผ่รังสีความร้อน (radiation) และการระเหยของเหงื่อ (evaporation) (กระทรวงแรงงาน, ม.ป.ป.)

2.2 การถ่ายเทความร้อนและสมการสมดุลความร้อน

สมการสมดุลความร้อนคือ สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนสะสมในร่างกายกับการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนทั้งจากการเผาผลาญสารอาหารและจากสิ่งแวดล้อม (สมการที่ 1) ทั้งนี้ความร้อนสะสมในร่างกาย (H) จะมีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับศูนย์ในสภาวะที่ร่างกายปกติไม่เจ็บป่วย และสิ่งแวดล้อมเหมาะสม ขณะที่ H>0 บ่งชี้ว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพเนื่องจากความร้อน และหาก H<0 บ่งชี้ว่าร่างกายสูญเสียความร้อน จึงอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพเนื่องจากความเย็น (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557; พรพิมล กองทิพย์, 2555)

$$H = M \pm R \pm C \pm D - E \quad \text{..... (1)}$$

H หมายถึง ความร้อนสะสม

M หมายถึง ความร้อนจากกระบวนการเผาผลาญอาหาร (metabolic heat) มีค่าเป็นบวกเสมอ แม้ในขณะนอนหลับหรือนั่งนิ่งๆ เพราะร่างกายยังคงต้องเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงานในการดำรงชีวิตตลอดเวลา

R หมายถึง ความร้อนที่ถ่ายเทโดยการแผ่รังสี (radiation)

C หมายถึง ความร้อนที่ถ่ายเทโดยการพา (convection)

D หมายถึง ความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำ (conduction)

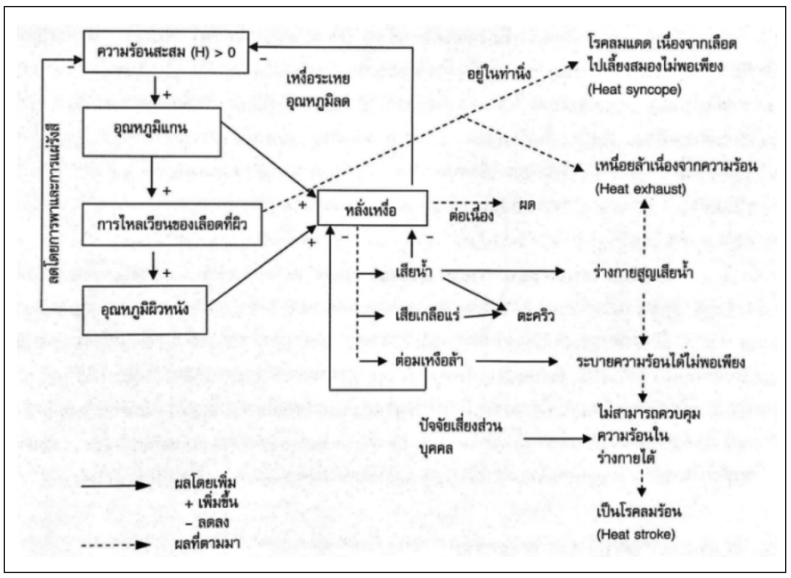
ทั้งนี้ค่า R, C และ D จะมีค่าเป็นบวกเมื่อสิ่งแวดล้อมถ่ายเทความร้อนให้กับร่างกาย หรือมีค่าเป็นลบเมื่อร่างกายสูญเสียความร้อนให้สิ่งแวดล้อม

E หมายถึง ความร้อนที่สูญเสียไปเนื่องจากการระเหยของเหงื่อ (evaporation) มีค่าเป็นศูนย์หรือลบเสมอ เนื่องจากความร้อนที่ผิวหนังถูกดึงไปใช้ในการระเหยเหงื่อ แต่ในสภาวะที่ความชื้นสูงซึ่งมีปริมาณไอน้ำในอากาศสูงมาก หรือสวมเสื้อผ้าที่ขัดขวางการระเหยของเหงื่อ อาจทำให้ค่า E เท่ากับศูนย์ได้

นอกจากนี้ในสถานการณ์จริงภายในสถานประกอบกิจการ การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการนำความร้อน (D) นั้น มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก เนื่องจากอาจมีการไม่อนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสกับแหล่งของความร้อนได้โดยตรง ดังนั้น สมการสมดุลความร้อนอาจเหลือเพียง “H = M ± R ± C – E” ได้ (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

2.3 ปฏิกิริยาการตอบสนองต่อความร้อนและอาการอันเนื่องมาจากความร้อน

เมื่อร่างกายได้รับความร้อนหรือสร้างความร้อนขึ้นจึงจำเป็นต้องถ่ายเทความร้อนออกไป โดยร่างกายจะพยายามรักษาสมดุลของอุณหภูมิให้คงที่ 37±1 องศาเซลเซียส เพื่อให้อวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายทำงานได้ปกติ หากร่างกายไม่สามารถรักษาสมดุลความร้อนได้จะมีผลกระทบทั้งด้านจิตใจ (psychological effects) เช่น หงุดหงิด อ่อนเพลีย กระสับกระส่าย ไม่มีสมาธิ และผลกระทบทางร่างกาย (physical effects) เช่น โรคลมแดด ตะคริวเนื่องจากความร้อน และผดจากความร้อน เป็นต้น ดังนั้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ ระบบประสาทส่วนกลางโดยต่อมไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิในร่างกายจะสั่งการให้ร่างกายตอบสนองต่อความร้อนด้วยการเพิ่มอัตราการไหลเวียนของเลือดไปที่ผิวหนัง เพื่อถ่ายเทความร้อนออกนอกร่างกายโดยการหลั่งเหงื่อ และหากเหงื่อระเหยได้จะสามารถนำความร้อนออกจากร่างกายได้ กล่าวคือ การเปลี่ยนสถานะของสสารจากของเหลวให้กลายเป็นไอนั้น จำเป็นต้องใช้พลังงาน ดังนั้น ในการระเหยของเหงื่อจึงได้ใช้พลังงานความร้อนในร่างกายในการระเหยด้วยเหตุนี้เอง อุณหภูมิร่างกายจึงลดลง (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557; กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, ม.ป.ป.) การตอบสนองของร่างกายต่อความร้อนและอาการแสดงหรือความเจ็บป่วยจากความร้อน มีรายละเอียดดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อนและอาการแสดง
จาก สุขศาสตร์อุตสาหกรรม กลยุทธ์ ประเมิน ควบคุม และจัดการ (น.55) โดยวันทนี พันธุ์ประสิทธิ์ (2557)

อาการแสดงหรือความเจ็บป่วยจากความร้อน สรุปได้ดังนี้

2.3.1 โรคลมแดด (Heat Stroke) เป็นความเจ็บป่วยที่รุนแรงที่สุดอาจถึงแก่ชีวิตได้ มักเกิดกับผู้ปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนและความชื้นสูง เกิดจากการที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมความร้อนได้ เนื่องมาจากระบบประสาทส่วนกลางไม่สามารถควบคุมการหลั่งเหงื่อได้ เมื่อเกิดโรคลมแดด อุณหภูมิแกนกลางสามารถสูงได้ตั้งแต่ 41 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 10-15 นาที ซึ่งเป็นภาวะฉุกเฉินที่เกิดจากศูนย์กลางควบคุมอุณหภูมิร่างกายของสมองเสียไป และจะแสดงออกทางความล้มเหลวของหน้าที่ของสมอง ทำให้ไม่มีเหงื่อออก มีไข้สูง ชีพจรผิดปกติ ผิวหนังร้อนและแห้ง การคิด การรับรู้ การวางแผน รวมถึงกระบวนการทางจิตใจเกิดความบกพร่อง และผู้ปฏิบัติงานอาจไม่รับรู้ถึงสถานการณ์ที่เป็นอันตราย

2.3.2 เหนื่อยล้าเนื่องจากความร้อน (Heat Exhaustion) มักเป็นอาการเริ่มต้นของโรคลมแดด อุณหภูมิแกนกลางสามารถสูงประมาณ 38 – 39 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่ร่างกายจะสูญเสียน้ำไปกับเหงื่อ ปริมาณ

น้ำในร่างกายลดลง ทำให้เลือดข้นขึ้น การไหลเวียนเลือดไปยังส่วนต่างๆ ไม่สม่ำเสมอ ออกซิเจนถูกนำไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ได้น้อยลง อาการอาจประกอบด้วยปวดศีรษะ คลื่นไส้ เวียนหัว สับสน อ่อนเพลีย กระหายน้ำ เหงื่อออกมาก หงุดหงิด ปัสสาวะลดลง ผิวเปียกชื้นด้วยเหงื่อ ผิวเย็นและซีด

2.3.3 ตะคริวเนื่องจากความร้อน (Heat Cramp) เมื่อขับเหงื่อเพื่อลดอุณหภูมิในร่างกายทำให้สูญเสียน้ำและเกลือแร่ หากสูญเสียสมดุลเกลือแร่ในร่างกายจากการสูญเสียเหงื่อออกจากร่างกายในปริมาณมาก โดยปกติเกลือแร่ในเซลล์และของเหลวในเซลล์จะสมดุลกัน เมื่อขับเหงื่อทำให้น้ำที่สูญเสียไปคือ น้ำระหว่างเซลล์ซึ่งมีเกลือแร่เจือปนไปด้วย เกลือแร่ในเซลล์จึงสูงกว่า เมื่อพยายามปรับสมดุลเกลือแร่ในสองส่วนนี้จะทำให้เกิดตะคริว และตะคริวมักจะเกิดที่กล้ามเนื้อที่มีการใช้งานมาก

2.3.4 การหมดสติชั่วคราวจากแดด/ความร้อน (Heat Syncope) มักเกิดหลังยืนทำงานเป็นเวลานานหรือลุกขึ้นยืนอย่างกะทันหันจากท่านั่งในสภาพแวดล้อมที่ร้อน มักมีอาการวิงเวียนหน้ามืด อาการดังกล่าวเป็นผลมาจากเลือดถูกดึงไปที่ผิวเพื่อระบายความร้อนและไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย และจากการยืนนิ่งๆ ทำให้เลือดไหลเวียนขึ้นสู่ร่างกายท่อนบนได้ยาก จึงมีเลือดไปเลี้ยงสมองไม่เพียงพอ

2.3.5 ผดจากความร้อน (Heat Rash) เป็นอาการระคายเคืองผิวหนังที่เกิดจากเหงื่อออกมากเกินไป ความชื้นและเหงื่อที่มากเกินไปจนเกิดจากการคั่งของเหงื่อ มีการอุดตันและอักเสบของต่อมเหงื่อ ความรู้สึกคล้ายๆ ถูกทิ่มแทง อาการมันจะรุนแรงในสภาพอากาศที่ร้อนชื้น ผดจะมักพบได้ทั่วไปบริเวณคอ หน้าอก ขาหนีบ รักแร้ และด้านหลังหัวเข่า

2.3.6 การบวมน้ำจากแดด/ความร้อน (Heat Edema) เป็นการบวมและการตึงของมือและเท้า ซึ่งจะเกิดขึ้นใน 2-3 วันแรกที่อยู่ในสภาพปัญหาความร้อน ส่วนใหญ่จะมีอาการบวมที่เท้ามาถึงข้อเท้า มักจะไม่ลามขึ้นเกินหน้าแข้ง สาเหตุเกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณผิวหนัง และมีสารน้ำคั่งในช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณแขนขา และยังพบว่า ร่างกายมีการหลั่งฮอร์โมนอัลโดสเตอโรน (Aldosterone) และแอนตีไดยูเรติกออร์โมน (Antidiuretic hormone; ADH) เพิ่มขึ้นด้วย ผู้ที่ไม่คุ้นชินกับความร้อนเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยง โดยอาการบวมดังกล่าวจะเป็นเพียงเล็กน้อย ไม่ขัดขวางการทำกิจกรรมใด ๆ และมักจะหายในเวลาไม่กี่วัน

2.3.7 การชักเกร็งจากแดด/ความร้อน (Heat Tetany) เกิดจากการที่มีอุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการหายใจเร็วขึ้น (hyperventilation) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความเป็นกรด - ด่างของเลือด จึงเกิดการชักเกร็งของกล้ามเนื้อได้ (OSHA, 2017; กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, ม.ป.ป.; วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557; กองส่งเสริมสุขภาพและเวชกรรมการป้องกัน กรมแพทย์ทหารบก, 2555)

2.4 ความเค้นทางความร้อนและความเครียดจากความร้อน (Heat Stress and Heat Strain)

ความเค้นทางความร้อน (heat stress) หรือสภาพปัญหาความร้อนเป็นภาวะความร้อนสุทธิที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับจากความร้อนจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ 1) ความร้อนทางกายซึ่งเกิดจากการเผาผลาญอาหาร (metabolic heat) 2) ความร้อนจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม (environmental factors) เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความร้อนจากการแผ่รังสี เป็นต้น และ 3) การสวมใส่เสื้อผ้า อาจกล่าวได้ว่า ความเค้นทางความร้อน (heat stress) หมายถึง การรวมปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและปัจจัยทางกายที่จะทำให้เกิดความร้อนที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกาย โดยความเค้นทางความร้อนเล็กน้อยหรือปานกลางอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกไม่สบาย ส่งผลต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน แต่หากความเค้นทางความร้อนเกินกว่าขีดจำกัดที่มนุษย์จะทนได้ ความเสี่ยงต่อความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับความร้อนจะเพิ่มขึ้น ขณะที่ความเครียดจากความร้อน (heat strain) เป็นผลที่เกิดขึ้นจากความพยายามของร่างกายในการควบคุมอุณหภูมิโดยการระบายความร้อน อาจนำไปสู่ความรู้สึกไม่สบายกาย หรือเจ็บป่วย เช่น เหนื่อยล้า ตะคริว โรคลมแดด หรือแม้แต่ถึงแก่ชีวิตได้ ถ้าไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิแกนกลางได้ (ACGIH, 2016; OSHA, 2018)

2.5 การตรวจวัดความร้อน

ดัชนีบ่งชี้สภาพความร้อนถูกใช้ในการประเมินสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงานและทำนายผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อร่างกาย เพื่อลดความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน สมการสมดุลความร้อนเป็นหลักพื้นฐานในการคิดค้นดัชนีบ่งชี้สภาพความร้อน ซึ่งแบ่งได้ 4 ประเภทตามหลักการและที่มาคือ 1) ดัชนีตรง (direct indices) เช่น อุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียก เป็นต้น 2) ดัชนีจากหลักการหรือเหตุผล (rational indices) เช่น HSI (Heat Stress Index) เป็นต้น 3) ดัชนีจากการทดลองและสังเกต (empirical indices) เช่น ET (Effective Temperature) และ WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) เป็นต้น และ 4) ดัชนีทางสรีรวิทยา (physiological monitoring) เช่น อัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานและเมื่อฟื้นตัว (work and recovery heart rate) และอุณหภูมิร่างกาย (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

ขณะที่ดัชนีบ่งชี้สภาพความร้อนตามกฎหมายของประเทศไทยคือ ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Temperature Index) หรือ “WBGT” โดยกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 (2559)ได้ให้คำนิยาม “ระดับความร้อน” หมายถึง อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบในบริเวณที่ลูกจ้างทำงาน ตรวจวัดโดยค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาสองชั่วโมงที่มีอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบสูงสุดของการทำงานปกติ WBGT เป็นดัชนีวัดสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน (หน่วยองศาเซลเซียส; $^{\circ}C$) ซึ่งได้นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร้อนที่สะสมในร่างกายมาพิจารณา ได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะทำงาน ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งถูกถ่ายเทมายังร่างกายได้ 3 วิธีคือ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน (กระทรวงแรงงาน, ม.ป.ป.)

WBGT เป็นดัชนีที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง WBGT ถูกพัฒนาขึ้นโดย Yaglou and Minard ใน ค.ศ. 1957 เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังและควบคุมความร้อนในค่ายฝึกทหารของกองทัพเรือของประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นการตรวจวัดสภาพแวดล้อมโดยตรง ทำได้ง่าย เครื่องมือไม่ซับซ้อน ราคาถูก ทนทาน และไม่ต้องทำซ้ำหลายครั้ง สามารถวิเคราะห์สภาพความร้อนได้ในระยะเวลาอันสั้น ค่าที่ต้องวัดสำหรับการตรวจวัดดัชนี WBGT ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้งสำหรับบ่งชี้อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิกระเปาะเปียกธรรมชาติสำหรับบ่งชี้อุณหภูมิผิวหนังเมื่อเหงื่อระเหยตามธรรมชาติ และอุณหภูมิโกลบสำหรับบ่งชี้อุณหภูมิจากการแผ่รังสีความร้อน (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

2.5.1 รายละเอียดของเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ

อุปกรณ์ตรวจวัดระดับความร้อนตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ (2561) ต้องประกอบด้วย

1) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (Dry Bulb Thermometer) เป็นชนิดปรอทหรือแอลกอฮอล์ที่มีความละเอียดของสเกล 0.5 องศาเซลเซียส และมีความแม่นยำ ±0.5 องศาเซลเซียส องศาเซลเซียส มีการกำบังป้องกันเทอร์โมมิเตอร์จากแสงอาทิตย์หรือแหล่งที่แผ่รังสีความร้อน โดยไม่รบกวนการไหลเวียนอากาศ

2) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกตามธรรมชาติ (Natural Wet Bulb Thermometer) มีความละเอียดของสเกล 0.5 องศาเซลเซียส ที่มีความแม่นยำ ±0.5 องศาเซลเซียส มีผ้าฝ้ายชั้นเดียวที่สะอาดห่อหุ้มกระเปาะ หยดน้ำกลั่นลงบนผ้าฝ้ายที่หุ้มกระเปาะให้เปียกชุ่มและให้ปลายอีกด้านหนึ่งของผ้าจุ่มอยู่ในน้ำกลั่นเพื่อให้ผ้าส่วนที่หุ้มกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์เปียกอยู่ตลอดเวลา

3) โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) มีช่วงการวัดตั้งแต่ -5 ถึง 100 องศาเซลเซียส ที่ปลายกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์เสียบอยู่กึ่งกลางทรงกลมกลวงที่ทำด้วยทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ภายนอกทาด้วยสีดำด้านที่สามารถดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดี

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับความร้อนดังกล่าว ต้องทำการปรับเทียบความถูกต้อง (calibration) อย่างน้อยปีละครั้ง ในกรณีที่ไม่ใช้อุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้น ให้ใช้เครื่องวัดระดับความร้อนชนิดอิเล็กทรอนิกส์ (ภาพที่ 3) ที่สามารถอ่านและคำนวณค่าอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ (WBGT) ได้ตามมาตรฐาน ISO 7243 ขององค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization) หรือเทียบเท่า และก่อนใช้งานทุกครั้งให้ทำการปรับเทียบความถูกต้อง (calibration) ด้วยอุปกรณ์ปรับเทียบของเครื่องมือซึ่งผู้ผลิตจัดไว้ให้พร้อมกับอุปกรณ์

ภาพที่ 3 เครื่องมือตรวจวัดความร้อนชนิดอิเล็กทรอนิกส์ (บริษัท อินโนเวทีฟ อินสทรูเมนต์ จำกัด, ม.ป.ป.)

สำหรับคุณลักษณะของเครื่องมือตรวจวัดความร้อนตาม ISO 7243 (ISO, 1989) ต้องมีลักษณะ ดังนี้

1) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (Dry Bulb Thermometer) คือ เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ ช่วงอุณหภูมิที่อ่านค่าได้อยู่ระหว่าง 10 – 60 องศาเซลเซียส มีความแม่นยำ ± 1 องศาเซลเซียส ในขณะตรวจวัดต้องกันไม่ให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสี ซึ่งปกติชุดหัววัดอุณหภูมิจะมีอุปกรณ์ป้องกัน

2) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกธรรมชาติ (Natural Wet Bulb Thermometer) มีลักษณะดังนี้

- รูปร่างของกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์หรือเซนเซอร์ (sensor) เป็นทรงกระบอก
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของกระเปาะ 6 ± 1 มิลลิเมตร
- ความยาวของกระเปาะ 30 ± 5 มิลลิเมตร
- ช่วงการตรวจวัดอุณหภูมิ 5 - 40 องศาเซลเซียส
- ความแม่นยำในการตรวจวัด ± 0.5 องศาเซลเซียส
- กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ทั้งหมดต้องคลุมด้วยผ้าสีขาวที่อุ้มน้ำได้ดี เช่น ผ้าฝ้าย เป็นต้น โดยต้องคลุมสูงเหนือกระเปาะขึ้นไป 20 มิลลิเมตร เพื่อลดการนำความร้อนมายังกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์
- ผ้าต้องสะอาดและควรมีรูปร่างเป็นปลอกสามารถสวมคลุมกระเปาะได้ ไม่แน่นหรือหลวมเกินไป เพราะจะมีผลต่อความแม่นยำในการวัด
- ส่วนปลายสุดของปลอกผ้าฝ้ายต้องจุ่มในน้ำกลั่น เพื่อให้ผ้าส่วนที่คลุมกระเปาะเปียกตลอดเวลา ปลายของกระเปาะต้องห่างจากปากภาชนะบรรจุน้ำประมาณ 20 - 30 มิลลิเมตร เพื่อให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านผ้าเปียกส่วนที่หุ้มกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ได้สะดวก
- กระเปาะเก็บน้ำต้องออกแบบมาเพื่อป้องกันการแผ่รังสีจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีผลให้อุณหภูมิของน้ำภายในสูงขึ้น

3) เทอร์โมมิเตอร์โกลบ (Globe Thermometer) เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะเสียบอยู่ตรงกึ่งกลางโกลบซึ่งเป็นโลหะทรงกลมกลวงมีลักษณะดังนี้

- โกลบทรงกลมกลวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ทำด้วยวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การ กระจายความร้อนเฉลี่ย (mean emission coefficient) เท่ากับ 0.95
- ความหนาของวัสดุบางที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ผิวภายนอกทาด้วยสีดำด้าน
- ช่วงอุณหภูมิที่อ่านค่าได้เท่ากับ 20 - 120 องศาเซลเซียส
- ค่าความแม่นยำของช่วงอุณหภูมิ 20 – 50 องศาเซลเซียส เท่ากับ ±0.5 oC และของช่วงอุณหภูมิ 50 - 120 องศาเซลเซียส เท่ากับ ±1 องศาเซลเซียส

2.5.2 การกำหนดจุดตรวจวัดและติดตั้งเครื่องมือตรวจวัด

การตรวจวัด WBGT สามารถตรวจวัดได้ทั้งภายในอาคารหรือภายนอกอาคารที่ไม่มีแสงอาทิตย์ส่องโดยตรงและภายนอกอาคารหรือกลางแจ้งในพื้นที่ที่มี

ผู้ปฏิบัติงาน และคำนวณค่าดัชนี WBGT จากอุณหภูมิที่วัดได้ด้วยสมการที่ 2 สำหรับ WBGT ในอาคาร และสมการที่ 3 สำหรับ WBGT นอกอาคาร (กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559, 2559)

$$WBGT_{(\text{ในอาคารหรือนอกอาคารที่ไม่มีแดด})} = 0.7\ t_{nwb} + 0.3\ t_g \quad \text{..... (2)}$$

$$WBGT_{(\text{นอกอาคารหรือกลางแจ้ง})} = 0.7\ t_{nwb} + 0.2\ t_g + 0.1\ t_a \quad \text{..... (3)}$$

เมื่อ tnbw = อุณหภูมิกระเปาะเปียกธรรมชาติ (องศาเซลเซียส)
tg = อุณหภูมิโกลบ (องศาเซลเซียส)
ta = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

กฎหมายกำหนดให้นายจ้าง “จัดให้มีการตรวจวัดระดับความร้อนบริเวณที่มีลูกจ้างปฏิบัติงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติและต้องตรวจวัดในช่วงระยะเวลาที่ลูกจ้างอาจได้รับอันตรายจากความร้อนสูงสุด” โดยการกำหนดจุดตรวจวัดระดับความร้อนให้กำหนดจุดตรวจวัดที่มีผู้ปฏิบัติงานทำงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติ และหากผู้ปฏิบัติงานมีการพักอยู่ในบริเวณที่ทำงานในช่วงระหว่างทำงาน ให้ติดตั้งเครื่องวัดระดับความร้อน WBGT เพื่อตรวจวัดในบริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานพักด้วย โดยทั่วไปให้ตรวจวัดความร้อนในจุดที่ผู้ปฏิบัติงานเสี่ยงต่อการได้สัมผัสความร้อนมากที่สุด และหากผู้ปฏิบัติงานทำงานในบริเวณที่มีสภาพความร้อนแตกต่างกันตั้งแต่ 2 พื้นที่ขึ้นไป ให้ตรวจวัดสภาพความร้อนในทุกพื้นที่ แล้วเลือกช่วงระยะเวลา 2 ชั่วโมงที่ร้อนที่สุด (ค่า WBGT ที่มากที่สุดในช่วง 2 ชั่วโมง) โดยให้นำค่า WBGT มาคำนวณค่า WBGT เฉลี่ยตามสมการ 4 แล้วไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามกฎหมายต่อไป (อภิรดี ศรีโอภาส, 2558; ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ, 2561)

$$WBGT_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{(WBGT_1 \times t_1) + (WBGT_2 \times t_2) + \ldots + (WBGT_n \times t_n)}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n} \quad \text{..... (4)}$$

เมื่อ $WBGT_1$ หมายถึง WBGT (°C) ในเวลา t_1 (นาที)
$WBGT_2$ หมายถึง WBGT (°C) ในเวลา t_2 (นาที)
WBGTn หมายถึง WBGT (°C) ในเวลา t_n (นาที)
$t_1 + t_2 + \ldots + t_3 = 120$ นาที ที่มีอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ (WBGT) สูงสุด

2.6 การคำนวณพลังงานที่ใช้ในการทำงานหรือภาระงาน

เนื่องจากกล้ามเนื้อใช้พลังงานจากการเผาผลาญอาหารอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้พลังงานประมาณร้อยละ 80 - 90 ถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนสะสมในร่างกาย ดังนั้น ผู้ที่ทำงานหนักใช้พลังงานมากกว่าย่อมมีความร้อนเกิดขึ้นและสะสมในร่างกายสูงกว่าผู้ที่ทำงานเบา (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557) ดังนั้น ปริมาณงานหรือภาระงาน (work load) จึงหมายถึง พลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อให้ร่างกายใช้ปฏิบัติงาน ซึ่งค่ามาตรฐานระดับความร้อนได้นำปัจจัยนี้มาพิจารณาโดยจำแนกตามความหนักเบาของงานกับระดับความร้อนที่ได้รับ (กระทรวงแรงงาน, ม.ป.ป.) และตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่องหลักเกณฑ์

วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ (2561) ระบุว่า กรณีที่ไม่สามารถระบุได้ว่าลักษณะงานที่ลูกจ้างทำในช่วงเวลาทำงานสองชั่วโมงที่ร้อนที่สุดนั้นเป็นงานเบา งานปานกลาง หรืองานหนักตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงให้คำนวณภาระงาน (Work-Load Assessment) เพื่อกำหนดลักษณะงานตามแนวทางของ OSHA Technical Manual (U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration) หรือเทียบเท่า เช่น ISO 8996

การประเมินภาระงานตามแนวทางของ OSHA Technical Manual - Section III เดิมได้อ้างอิงมาตรฐานแนะนำของหน่วยงาน American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ที่ประกาศในปี 1992 (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557) และกระทรวงแรงงานได้นำมาเขียนเป็นแนวปฏิบัติตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 เรื่อง การตรวจวัดสภาพความร้อน (กระทรวงแรงงาน, ม.ป.ป.) แต่ปัจจุบัน OSHA Technical Manual – Section III ได้อ้างอิงมาตรฐานแนะนำของหน่วยงาน ACGIH ที่ประกาศใน ค.ศ. 2017 ซึ่งได้แบ่งภาระงานออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ เบา ปานกลาง หนัก และหนักมาก รวมทั้งได้กำหนดระยะเวลาการทำงานและพัก เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการให้แก่นายจ้างด้วย (OSHA, 2017)

แนวทางในการประเมินพลังงานที่ใช้ในการทำงานหรืออัตราการเผาผลาญอาหารตามองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ หมายเลข ISO 8996 แบ่งเป็น 4 ระดับ (ISO, 2004) ดังนี้

ระดับที่ 1 การคัดกรอง (Screening) เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกในการใช้งานเพื่อแสดงถึงภาระงานเฉลี่ยสำหรับงานหรือกิจกรรมนั้นๆ เป็นการประเมินคร่าวๆ เท่านั้น มีความคลาดเคลื่อนมาก สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ พิจารณาตามอาชีพและตามกลุ่มงานหรือกิจกรรม

ระดับที่ 2 การสังเกต (Observation) วิธีการนี้ผู้ประเมินจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพและลักษณะของงาน ผู้ประเมินไม่จำเป็นต้องอบรมทางอาชีวอนามัยและการยศาสตร์เกี่ยวกับการทำงานในสภาพแวดล้อมที่ร้อน สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การประเมินตามกิจกรรมที่พบบ่อยและการประเมินตามรอบการทำงาน

ระดับที่ 3 การวิเคราะห์ (Analysis) วิธีการนี้จะวิเคราะห์อัตราการเผาผลาญอาหารคำนวณจากอัตราการเต้นของหัวใจบนพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนที่ร่างกายใช้และอัตราการเต้นของหัวใจภายใต้สภาวะที่กำหนด ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ผู้ประเมินที่จะต้องมีความรู้ทางอาชีวอนามัยและการยศาสตร์เกี่ยวกับการทำงานในสภาพแวดล้อมที่ร้อน

ระดับ 4 ระดับเชี่ยวชาญ (Expertise) เป็นวิธีที่วัดปริมาณออกซิเจนที่บุคคลใช้ในขณะทำงาน หนึ่งๆ แล้วเปลี่ยนเป็นค่าพลังงาน ซึ่งการวัดค่าต่างๆ ต้องทำโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินภาระงานตาม ISO 8996 ใช้หน่วยเป็นปริมาณความร้อนต่อขนาดร่างกาย หรือ “วัตต์/ตารางเมตรของผิวหนัง (W/m^2)” ขณะที่กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 ใช้หน่วยเป็นปริมาณความร้อนต่อเวลา หรือ “กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง (Kcal/hr)” ดังนั้นหากใช้แนวทางของ ISO 8996 ต้องมีการเปลี่ยนหน่วยเป็นให้เทียบเคียงกับกฎหมายไทย โดย 1.162 วัตต์ (W) เท่ากับ 1 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง (Kcal/hr) ทั้งนี้ ISO กำหนดขนาดร่างกายมาตรฐาน (Standard person) สำหรับเพศชายอายุ 30 ปี น้ำหนัก 70 กิโลกรัม สูง 175 เซนติเมตร พื้นที่ผิวร่างกาย 1.8 ตารางเมตร และสำหรับหญิงอายุ 30 ปี น้ำหนัก 60 กิโลกรัม สูง 165 เซนติเมตร พื้นที่ผิวร่างกาย 1.6 ตารางเมตร (ISO, 2004)

การศึกษาเกี่ยวกับความร้อนเรื่องหนึ่งในประเทศไทยได้ศึกษาความถูกต้องของการประเมินภาระงานโดยวิธีการคัดกรองและวิธีการสังเกตตาม ISO 8996 เปรียบเทียบกับภาระงานที่คำนวณจากปริมาณการใช้

ออกซิเจน (ระดับเชี่ยวชาญ) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน นักศึกษาและนักวิชาการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย โดยได้ติดชุดเครื่องวัดการเผาผลาญพลังงานแบบเคลื่อนที่ได้ไว้ที่ตัวผู้ปฏิบัติงานเพื่อวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานหล่อหลอมโลหะ เพื่อใช้คำนวณภาระงานเป็นค่าอ้างอิง ขณะที่ให้กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการอบรมได้ทำการประเมินภาระงานของผู้ปฏิบัติงานจากวีดิทัศน์ ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างประเมินภาระงานด้วยวิธีการคัดกรองและวิธีการสังเกตได้ถูกต้องตามค่าอ้างอิงร้อยละ 47.6 และ 60.4 ตามลำดับ (พิทยาภรณ์ ยินดี, วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, วรกมล บุณยโยธิน, เด่นศักดิ์ ยกยอน และดุสิต สุจิรารัตน์, 2559) นอกจากนี้ อีกการศึกษาหนึ่งพบว่า ผลการประเมินภาระงานของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานหล่อหลอมโลหะโดยบุคลากรทางด้านอาชีวอนามัยจำนวน 119 คน ด้วยวิธีตามแนวทางของหน่วยงาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (เทียบเคียงกับวิธีการสังเกต) ถูกต้องร้อยละ 43 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีวัดการใช้ออกซิเจน (ประมุข โอศิริ, ปรีชา ลอเสรีวานิช, ดุสิต สุจิรารัตน์, สุภาพร เมฆสวี และยุทธชัย บันเทิงจิตร, 2552) การประเมินด้วยวิธีคัดกรองและสังเกตมีความคลาดเคลื่อนสูงเมื่อเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ที่ความคลาดเคลื่อน±ร้อยละ10 และวิธีเชี่ยวชาญที่มีความคลาดเคลื่อน±ร้อยละ 5 (ISO, 2004) แต่อย่างไรก็ตามโดยทั่วไป การประเมินภาระงานด้วยวิธีการคัดกรองและการสังเกตเพียงพอสำหรับการประเมินความเสี่ยงเนื่องจากความร้อนในการทำงานปกติของนักอาชีวอนามัย ขณะที่การศึกษาวิจัยซึ่งต้องการความถูกต้องแม่นยำสูงควรใช้วิธีในระดับการวิเคราะห์และระดับเชี่ยวชาญ (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

การประเมินภาระงานด้วยวิธีคัดกรองและสังเกตตามแนวทางของ OSHA Technical Manual หรือ ISO 8996 มาใช้ในการประเมินภาระงานของคนไทยซึ่งมีขนาดร่างกาย ลักษณะงาน หรือการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่แตกต่างจากชาวยุโรปหรือสหรัฐอเมริกา ผู้เขียนเล็งเห็นว่า อาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ นอกจากนี้ การประเมินภาระงานของผู้ประเมินแต่ละคนให้ตรงกับความเป็นจริงทุกครั้งที่ทำการประเมินเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการอย่างรอบคอบ ดังนั้น จำเป็นต้องดำเนินการโดยผู้ที่มีคุณวุฒิการศึกษาหรือความรู้ทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และมีประสบการณ์ในการประเมินภาระงาน

2.7 มาตรฐานการสัมผัสความร้อน

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 (2559) กำหนดให้นายจ้างควบคุมและรักษาระดับความร้อนภายในสถานประกอบกิจการที่มีลูกจ้างทำงานอยู่มิให้เกินมาตรฐานดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานดัชนี WBGT ตามกฎหมาย

ภาระงาน	ค่าเฉลี่ยดัชนี WBGT (°C)
งานเบา (การเผาผลาญอาหารในร่างกาย < 200 kcal/hr)	34
งานปานกลาง (การเผาผลาญอาหารในร่างกาย 200-350 kcal/hr)	32
งานหนัก (การเผาผลาญอาหารในร่างกาย > 350 kcal/hr)	30

ผู้เขียนเล็งเห็นความสำคัญของการสวมใส่เสื้อผ้าของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ซึ่งตามแนวทางของ OSHA Technical Manual - Section III ที่ได้อ้างอิงมาตรฐานแนะนำของหน่วยงาน ACGIH ที่ประกาศใน ค.ศ. 2017 ได้กำหนดค่าสำหรับปรับแก้ WBGT ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานสวมใส่เสื้อผ้าชนิดต่างๆ นอกจากนี้หากผลการประเมินไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดแล้ว มาตรฐานดังกล่าวได้แนะนำให้พิจารณาระดับที่ต้องมีการดำเนินการอย่างหนึ่งอย่างใด (action level) เพื่อควบคุมให้ระดับการสัมผัสของพนักงานลดลง (OSHA, 2004) ดังนั้น เพื่อการปกป้องสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานสูงสุด ผู้เขียนจึงแนะนำว่า สถานประกอบการอาจพิจารณาการปรับแก้ WBGT และระดับต้องมีการดำเนินการอย่างหนึ่งอย่างใดร่วมด้วย

2.8 การปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อน (Heat Acclimatization)

ถ้าผู้ปฏิบัติงานต้องทำงานในที่ที่มีอุณหภูมิสูงโดยไม่ผ่านการปรับตัวก่อน อาจมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นในวันแรกของการปฏิบัติงาน เช่น เครียดและรู้สึกไม่สบายตัว อุณหภูมิของร่างกายสูง หัวใจเต้นเร็ว ปวดศีรษะ คลื่นไส้อ่อนเพลีย และอาจเป็นลมหมดสติได้ เป็นต้น แต่เมื่อทำงานในสภาพดังกล่าวในวันต่อๆ ไป ร่างกายจะค่อยๆ ปรับตัวให้สามารถทนกับสภาพความร้อนได้ดีขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น การปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อนจึงเป็นการจำกัดระยะเวลาในการทำงานในวันแรกให้สั้นและค่อยๆ เพิ่มระยะเวลาทำงานขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเต็มเวลาตามข้อกำหนดของงานนั้นๆ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับให้อัตราการเต้นของหัวใจช้าลง ในขณะที่อัตราการหลั่งเหงื่อมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือ เพิ่มอัตราการขับเหงื่อแต่ลดความเข้มข้นของเกลือแร่ในเหงื่อ ทำให้การไหลเวียนโลหิตสม่ำเสมอขึ้น เนื่องจากมีของเหลวในเลือดมากกว่าเมื่อร่างกายปรับสภาพได้แล้ว จะทำให้ร่างกายสามารถควบคุมอุณหภูมิแกนกลางได้ง่ายขึ้น (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557; พรพิมล กองทิพย์, 2555)

NIOSH แนะนำให้ใช้เวลาการปรับตัวเข้ากับความร้อน 7-14 วัน (NIOSH, 2017) ทั้งนี้ สำหรับผู้ปฏิบัติงานใหม่ที่ไม่คุ้นเคยกับความร้อนมาก่อนหรือผู้ปฏิบัติงานเก่าที่หยุดทำงานไประยะหนึ่ง (new workers) แนะนำให้เริ่มทำงานในวันแรกเพียงร้อยละ 20 และเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 20 ในแต่ละวัน ซึ่งการปรับตัวขึ้น อยู่กับแต่ละบุคคล ดังตัวอย่างในตารางที่ 2 ขณะที่ผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ทำงานกับความร้อนมาแล้ว (experienced workers) หากหยุดทำงานสัมผัสความร้อน 4 วันต่อเนื่อง ควรกลับเข้าสู่กระบวนการปรับตัวก่อน โดยเริ่มทำงานสัมผัสความร้อนประมาณร้อยละ 50 ของการทำงานในวันแรก หลังจากนั้นในวันที่สองเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60 วันที่สามเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 80 และทำงานร้อยละ 100 ในวันที่สี่ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3 (Western Center for Agricultural Health and Safety, 2017) ทั้งนี้ตารางที่ 2 และ 3 เป็นตารางแนะนำสำหรับระยะเวลาการทำงาน 1 วันคือ 8 ชั่วโมงการทำงานเท่านั้น หากผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องทำงานสัมผัสความร้อนในหนึ่งวันมากกว่า 8 ชั่วโมง ผู้เขียนแนะนำว่า ควรมีคำนวณระยะเวลาในการปรับตัวให้ทนกับสภาพปัญหาความร้อนให้เหมาะสมกับระยะเวลาในการทำงานสัมผัสความร้อนใน 1 วัน

ตารางที่ 2 การปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อนสำหรับผู้ปฏิบัติงานใหม่

วันที่ปรับตัว	ชั่วโมงการทำงานกับความร้อนที่แนะนำ
วันที่ 1	1.5 ชั่วโมง
วันที่ 2	2 ชั่วโมง
วันที่ 3	2.5 ชั่วโมง
วันที่ 4	3 ชั่วโมง
วันที่ 5	3.5 ชั่วโมง
วันที่ 6	4 ชั่วโมง
วันที่ 7	5 ชั่วโมง
วันที่ 8	6 ชั่วโมง
วันที่ 9	7 ชั่วโมง
วันที่ 10	8 ชั่วโมง

หมายเหตุ ระยะเวลาการทำงาน 1 วัน คือ 8 ชั่วโมงการทำงาน

ตารางที่ 3 การปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อนสำหรับผู้ปฏิบัติงานมีประสบการณ์

วันที่ปรับตัว	ชั่วโมงการทำงานกับความร้อนที่แนะนำ
วันที่ 1	4 ชั่วโมง
วันที่ 2	5 ชั่วโมง
วันที่ 3	6.5 ชั่วโมง
วันที่ 4	8 ชั่วโมง

หมายเหตุ ระยะเวลาการทำงาน 1 วัน คือ 8 ชั่วโมงการทำงาน

3. สรุป

ความร้อนสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานทั้งด้านร่างกายและจิตใจ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน นักอาชีวอนามัย หรือผู้ที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องใช้หลักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมในการคาดการณ์และตระหนักรู้ถึงสภาพปัญหาความร้อนที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อนำไปสู่การประเมิน ซึ่งดัชนีบ่งชี้สภาพความร้อนตามกฎหมายของประเทศไทยคือ WBGT โดยต้องพิจารณาร่วมกับภาระงานที่สามารถกำหนดลักษณะงานตามแนวทางของ OSHA Technical Manual หรือ ISO 8996 ได้ โดยทั่วไปการประเมินภาระงานด้วยวิธีการคัดกรองและการสังเกตเพียงพอสำหรับการประเมินความเสี่ยงเนื่องจากความร้อนในการทำงานปกติที่ใช้เทียบตามกฎหมาย อย่างไรก็ตาม การประเมินภาระงานต้องกระทำอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดความถูกต้อง ดังนั้น จึงต้องดำเนินการโดยผู้ที่มีคุณวุฒิการศึกษาหรือความรู้ทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และมีประสบการณ์ในการประเมินภาระงาน และหากการสัมผัสความร้อนของผู้ปฏิบัติงานเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดจึงมีความจำเป็นต้องกำหนดมาตรการในการควบคุมที่สามารถพิจารณาตามลำดับชั้น (hierarchy of controls) โดยเริ่มจากมาตรการด้านวิศวกรรม ด้านการบริหารจัดการ และอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล บทความฉบับนี้ได้อธิบายมาตรการปรับตัวให้ทนกับสภาพความร้อนทั้งกรณีผู้ปฏิบัติงานใหม่และผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ ที่จะทำให้ร่างกายสามารถควบคุมอุณหภูมิแกนกลางได้ง่ายขึ้น มาตรการดังกล่าวจัดเป็นด้านการบริหารจัดการ อย่างไรก็ตาม ในการดูแลสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถมีเพียงมาตรการเดียวได้ หากแต่ต้องผสมผสานมาตรการในทุกระดับ เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันและควบคุมอันตรายจากความร้อน

4. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้จะไม่เกิดขึ้น หากขาดผู้ที่บุกเบิกงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของประเทศไทย ดังนั้น ผู้เขียนมีความรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณคณาจารย์ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของประเทศไทยทุกท่านที่มีส่วนในการประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้เขียน และสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาถ่ายทอดให้เกิดประโยชน์ต่อสาธารณชนต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

"กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559" (2559, 17 ตุลาคม). *ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 133 ตอนที่ 91ก. หน้า 48-54.*

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (ม.ป.ป.). *ความร้อนกับการทำงาน.* สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2562, จาก http://www.oshthai.org/index.php?option=com_content&view=category&id=12&Itemid=203

กระทรวงแรงงาน. (ม.ป.ป.). แนวปฏิบัติตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 - *การตรวจวัดสภาพความร้อน (Hot Environment Measurement).* สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2562, จาก http://medinfo2.psu.ac.th/commed/occmed/images/TIS18001/tisp4/law%20Physi/images/law/practice_hot.pdf.

กองส่งเสริมสุขภาพและเวชกรรมการป้องกัน กรมแพทย์ทหารบก. (2555). *คู่มือการเฝ้าระวังป้องกันและการปฐมพยาบาลการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อน.* กรุงเทพ ฯ: กรมแพทย์ทหารบก.

บริษัท อินโนเวทีฟ อินสทรูเมนต์ จำกัด. (ม.ป.ป.). *HEAT STRESS MONITOR เครื่องวัดความร้อน WBGT สำหรับสถานประกอบการหรือโรงงาน.* สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2562, จาก http://www.innovative-instrument.com/products/heat-stress-monitor/

"ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ" (2561, 12 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 135 ตอนพิเศษ 57ง. หน้า 11-16.*

ประมุข โอศิริ, ปรีชา ลอเสรีวานิช, ดุสิต สุจิรารัตน์, สุภาพร เมฆสวี และยุทธชัย บันเทิงจิตร. (2552). เปรียบเทียบผลการประเมินภาระงานที่สัมผัสความร้อนระหว่างวิธีการประเมินด้วยตารางการใช้พลังงาน และวิธีการคำนวณการใช้ออกซิเจน. *วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 39(2), 184-198.*

พรพิมล กองทิพย์. (2555). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรม (พิมพ์ครั้งที่ 3).* กรุงเทพ ฯ: หจก.เบสท์ กราฟฟิค เพรส.

พิทยาภรณ์ ยินดี, วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, วรกมล บุณยโยธิน, เด่นศักดิ์ ยกยอน และดุสิต สุจิรารัตน์. (2559). ความถูกต้องของการประเมินภาระงานด้วยวิธีการคัดกรองและวิธีการสังเกตเมื่อเทียบกับวิธีวัดการใช้ออกซิเจน. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ, 10(36), 1-10.*

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2557). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรม กลยุทธ์ ประเมิน ควบคุม และจัดการ.* กรุงเทพฯ: หจก.เบสท์ กราฟฟิค เพรส.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2560). *รายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี 2560.* สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2562, จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/situation/01_envocc_situation_60.pdf

อภิรดี ศรีโอภาส. (2558). แนวการตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบกิจการ. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ. 8(30), 33-38.*

ACGHI (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). (2016). *TLVs® and BEIs®, Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices.* Cincinnati Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

International Organization for Standardization. (1989). *ISO 7243:1989 Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).* Retrieved April 20, 2019, from https://www.iso.org/standard/13895.html

International Organization for Standardization. (2004). *ISO 8996:2004 Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate (Second edition).* Retrieved April 20, 2019, from https://shop.standards.ie/Store/PreviewDoc.aspx?saleItemID=456767

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (2016). *Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments.* Retrieved March 19, 2019, from https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (2017). *Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Heat and Hot Environments.* Retrieved March 30, 2019, from https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf.

OSHA (Occupational Safety and Health Administration). (2017). *OSHA Technical Manual Section III: Chapter 4 - Heat Stress.* Retrieved March 19, 2019, from https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html

Osilla V.E. & Sharma S. (2019). *Physiology, Temperature Regulation.* Retrieved June 10, 2019, from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507838/

Western Center for Agricultural Health and Safety. (2017). *Adjusting to Work in the Heat: Why Acclimatization Matters.* Retrieved March 30, 2019, from https://agcenter.ucdavis.edu/blog/adjusting-work-heat-why-acclimatization-matters.