

พยาธิสรีรวิทยาของกลุ่มอาการป่วย ที่เกี่ยวข้องกับความร้อน (pathophysiology of heat-related illness)

วิวิธส วงศ์ศรีชนาลัย

กลุ่มอาการป่วยที่เกี่ยวข้องกับความร้อน (heat-related illnesses, HRIs) เป็นกลุ่มของความผิดปกติที่เกิดจากการสัมผัสกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่สูง ซึ่งมักจะรุนแรงขึ้นจากความชื้นสูงและการออกกำลังกาย โรคเหล่านี้มีตั้งแต่ตะคริวจากความร้อนที่ไม่รุนแรงจนถึงโรคลมแดดที่คุกคามชีวิต การเข้าใจพยาธิสรีรวิทยาของโรคเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันและการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ

การส่งผ่านและการถ่ายความร้อน

ปัจจัยที่สำคัญในการแลกเปลี่ยนความร้อนประกอบด้วย ร่างกายและสิ่งแวดล้อม

1. ร่างกาย จะมีการรับความร้อนเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมและแพร่ความร้อนเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม

2. สิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยร่างกายที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์น้อยจะมีการแพร่ความร้อนออกมาได้มาก ในขณะที่อุณหภูมิที่สูงและความชื้นสัมพัทธ์มากจะทำให้การแผ่ความร้อนทำได้ยาก

กลไกในการแลกเปลี่ยนความร้อนมี 4 กลไกหลัก ได้แก่

- ก. การนำความร้อน (conduction)
- ข. การพาความร้อน (convection)



ค. การแผ่ความร้อน (radiation)

ง. การระเหยความร้อน (evaporation)

การนำความร้อน (conduction)

ร่างกายและสิ่งแวดล้อมจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยกลไกนี้ได้โดยการสัมผัสกับวัตถุ โดยจะส่งความร้อนเมื่อวัตถุมีอุณหภูมิต่ำกว่าร่างกายและรับความร้อนเมื่อวัตถุอุณหภูมิสูงกว่าร่างกาย โดยพื้นที่ผิวสัมผัสเป็นปัจจัยที่จะแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากขึ้น

การพาความร้อน (convection)

กลไกนี้อาศัยตัวกลางที่จะพาความร้อนออกจากร่างกาย โดยตัวกลางที่สำคัญคือน้ำหรือลม ปัจจัยที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิร่างกายกับสิ่งแวดล้อม การเคลื่อนไหวร่างกาย และพื้นที่ร่างกายที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อม

การแผ่ความร้อน (radiation)

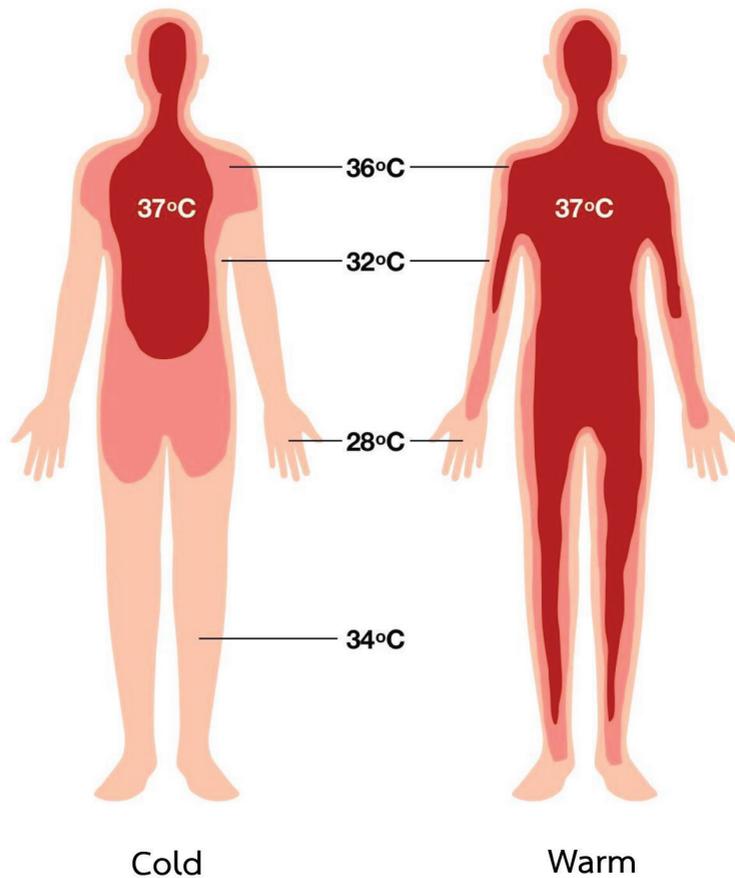
เป็นกลไกการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีประสิทธิภาพต่ำ ขึ้นกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ต่ำกว่าร่างกายเป็นสำคัญ นอกจากนี้วัตถุทุกอย่างในสิ่งแวดล้อมยังสามารถแผ่ความร้อนได้ แต่ร่างกายเรามีการป้องกันด้วยเสื้อผ้าที่สวมใส่

การระเหยความร้อน (evaporation)

เป็นกลไกหลักที่สำคัญในการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายในสภาวะที่สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงกว่าร่างกาย กลไกนี้เกิดขึ้นเมื่อร่างกายเริ่มมีการออกกำลังและมีการผลิตเหงื่อ เมื่อเกิดการระเหยจะเกิดการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย โดยการเสียเหงื่อ 1 ลิตร จะทำให้เกิดการเสียความร้อนได้ถึง 580 กิโลแคลอรี การระเหยของเหงื่อเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดกลไกนี้ ดังนั้นหากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงและความเร็วลมต่ำจะทำให้กลไกนี้เกิดขึ้นได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

กลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย

การควบคุมอุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญต่อร่างกายในระดับเซลล์ ซึ่งอุณหภูมิจะมีผลต่อผนังเซลล์ การนำไฟฟ้า รวมถึงการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ การควบคุมอุณหภูมิร่างกายสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการทางสรีรวิทยาเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) แกนภายในร่างกาย (inner core) ได้แก่ อวัยวะภายในและสมอง และ 2) เปลือกภายนอก (outer shell) ได้แก่ ผิวหนังและชั้นไขมันใต้ผิวหนัง ดังรูปที่ 1⁽²⁾



รูปที่ 1. การเก็บความร้อนของร่างกายเมื่ออากาศเย็น เปรียบเทียบกับในยามอากาศร้อน⁽²⁾

ผิวหนังเป็นปราการสำคัญที่จะปกป้องร่างกายจากสิ่งแวดล้อมและยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการนำความร้อน อุณหภูมิของผิวหนังจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม และการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

กลไกการถ่ายเทความร้อนของร่างกาย (heat-transfer mechanism)

จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการจัดเก็บความร้อนของร่างกาย (body heat storage-S) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการจัดเก็บความร้อนของร่างกายได้แก่ การเผาผลาญพลังงาน (metabolic rate-M) งาน (work-W) และกลไกการแลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 4 กลไก (การนำ-C การพา-K การแผ่-R และการระเหยความร้อน-E) ดังสมการ

S = M-W-E-C-K-R

S = Body heat storage

M = Metabolic rate

W = Work

E = Evaporative

C = Convective

K = Conductive

R = Radiant heat transfer

ความสำคัญของกลไกการแลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 4 กลไก (การนำ การพา การแผ่ และการระเหยความร้อน) ที่มีผลต่อการจัดเก็บความร้อนของร่างกาย ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 อย่าง ได้แก่ ก. ร่างกาย เช่น อายุ เพศ และระดับไขมันที่สะสม

ข. สิ่งแวดล้อม เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม

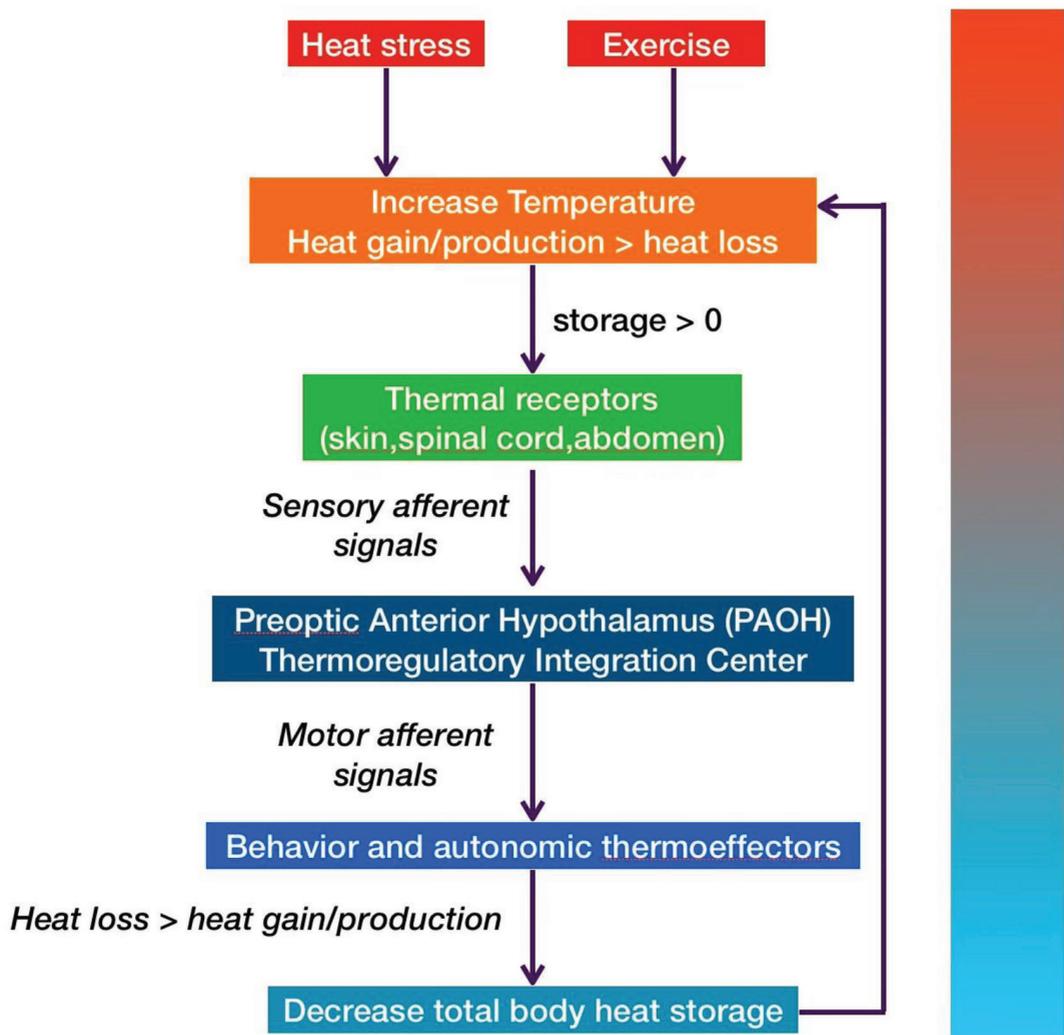
ค. อาชีพ เช่น เสื้อผ้าที่ใส่ประกอบการทำงาน ความหนักของงาน

ภายใต้กฎเกณฑ์ดังกล่าว เมื่อความร้อนที่สร้างหรือที่ได้รับมากกว่าความร้อนที่เสียไปจะทำให้อุณหภูมิร่างกายสูง ทำให้เกิดไข้ได้

ในสัตว์เลือดอุ่นใช้ระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic thermoeffector mechanism) และพฤติกรรม (behavior thermoeffector mechanism) ในการควบคุมอุณหภูมิร่างกายร่วมกัน โดยระบบประสาทอัตโนมัติมีการทำงานแบบควบคุมไม่ได้ (involuntary) ได้แก่ การมีเหงื่อ หลอดเลือดหดเมื่ออากาศหนาวและขยายเมื่ออากาศร้อน การเกิดขนลุกและอาการสั่นเมื่ออากาศเย็น ในขณะที่พฤติกรรมจะมีการทำงานแบบควบคุมได้ (voluntary) เช่น การหาเสื้อผ้ามาสวมใส่ การใช้เครื่องปรับอากาศ การเปียดหรือถอด การใช้ผ้าห่ม หรือการหาที่หลบภัย นอกจากนี้พฤติกรรมของสัตว์หลายชนิดยังอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนซึ่งดีกว่าอากาศถึง 25 เท่า ปัญหาของการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อมนุษย์หลีกเลี่ยงจากพฤติกรรมที่ควรจะเป็นทางธรรมชาติ เช่น ผู้สูงอายุหลีกเลี่ยงจากการใช้เครื่องปรับอากาศในสภาพอากาศที่ร้อนหรือไม่ยอมที่จะเปลี่ยนที่อยู่ในวันที่อากาศร้อนจัด นักกีฬาออกกำลังกายหรือทหารมีการฝึกลดน้ำในพื้นที่ยุณหภูมิร้อนและดื่มน้ำอย่างไม่เพียงพอ

ศูนย์กลางในการควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติและพฤติกรรมเพื่อควบคุมอุณหภูมิในสัตว์เลือดอุ่นรวมถึงในร่างกายนมนุษย์อยู่บริเวณส่วนหน้าของสมองส่วนไฮโปทาลามัส (preoptic area of the anterior hypothalamus, POAH) ซึ่งการทำงานของศูนย์กลางในสมองส่วนนี้จะมีการกำหนดอุณหภูมิเป้าหมาย (temperature set point, T_s) เพื่อควบคุมไม่ให้อุณหภูมิแกนกาย (core temperature, T_c) มีความผันแปรมากเกินไป อันจะส่งผลต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกายได้ เปรียบเสมือนกับการทำงานของเครื่องควบคุมความร้อน (thermostat) ในเครื่องปรับอากาศ ในความเป็นจริงแล้ว “ไข้” เป็นกลไกของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง เพื่อเป็นการ

ต่อสู้กับการอักเสบหรือติดเชื้อ โดยใช้จะเป็นตัวกระตุ้นให้เม็ดเลือดขาวมีการเคลื่อนที่และทำงานมากขึ้น เกิดการผลิต interferon (IFN), antiviral and antibacterial agents และ antibodies มากขึ้น และลดความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ผลของกลไกทั้งหมดนี้จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค ตามรูปที่ 2⁽²⁾ กลไกการควบคุมอุณหภูมิในสัตว์เลือดอุ่น



รูปที่ 2. แผนภูมิแสดงการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย⁽²⁾

พยาธิวิทยาของการเกิดโรคลมร้อน (pathophysiology of heatstroke)

การเพิ่มอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมร่วมกับการออกกำลังกายอย่างหนักทำให้เกิดความเครียดจากความร้อน

ก. การตอบสนองของร่างกายจะแสดงทางระบบไหลเวียนโลหิตและทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนังในขณะเดียวกันจะลดการไหลเวียนเลือดที่ระบบทางเดินอาหารเพื่อเป็นการระบายความร้อน เมื่อเลือดไปทางเดินอาหารลดลงจะทำให้เกิดการขาดเลือดจะส่งผลให้เยื่อบุทางเดินอาหารเสียหายเกิดการแพร่ผ่านพิษจากลำไส้เข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต จากกลไกดังกล่าวจะกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำให้ร่างกายเกิดการตอบสนองด้วยกลไกการอักเสบ (systemic inflammatory response syndrome, SIRS)

ข. อีกส่วนหนึ่งความร้อนเองมีผลทำให้อวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายเกิดการอักเสบและมีการกระตุ้นให้มีการหลั่งโปรตีน heat shock proteins (HSPs) ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาให้เกิดการอักเสบในร่างกาย (SIRS) เช่นเดียวกัน

ค. ระบบประสาทส่วนกลางและส่วนรอบ จะมีการตอบสนองต่อการอักเสบทำให้อวัยวะส่วนต่าง ๆ เกิดการทำงานอย่างมากและอาจจะเกิดการล้มเหลวจนเสียชีวิตได้ในที่สุด (multior-gan system failure and death)

ผลกระทบของความร้อนในระดับเซลล์และอวัยวะ

ในระดับเซลล์

ก. อุณหภูมิสูงทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพและทำให้เกิดการทำลายโปรตีน (protein denatured) อันส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์และกระบวนการทำงานของเซลล์บกพร่อง

ข. เกิดความเสียหายของเยื่อหุ้มลิปิด ความร้อนทำให้ชั้นลิปิดแยกออก เพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของเซลล์และส่งผลให้เซลล์แตก

ค. ความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) การผลิตอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นทำให้การป้องกันอนุมูลอิสระของร่างกายท่วมท้น ทำให้เกิดความเสียหายจากการออกซิเดชัน

ในระดับอวัยวะ

ก. ระบบหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular system) ความเครียดจากความร้อนทำให้หลอดเลือดขยายตัวและเพิ่มปริมาณเลือดที่หัวใจสูบออก (increased cardiac output) อุณหภูมิสูงอย่างต่อเนื่องอาจทำให้หัวใจล้มเหลวได้

ข. ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) ภาวะความร้อนสูงจะส่งผลต่อการทำงานของสมอง ทำให้สถานะจิตใจเปลี่ยนแปลง ชัก และในกรณีรุนแรงอาจจะโคม่า

ค. ระบบไต ความร้อนส่งผลถึงภาวะการขาดน้ำ (dehydration) การไหลเวียนของเลือดไปยังไตลดลง อาจทำให้เกิดภาวะไตวายเฉียบพลัน (acute kidney injury)

ง. ระบบทางเดินอาหาร ความร้อนจะทำให้การไหลเวียนของเลือดในช่องท้องลดลงและการบาดเจ็บจากความร้อนโดยตรงสามารถทำให้เกิดการขาดเลือดในทางเดินอาหาร ทั้งตับและลำไส้ (ischemic bowel) และการแพร่กระจายของเอนโดทอกซินเข้าสู่กระแสเลือด

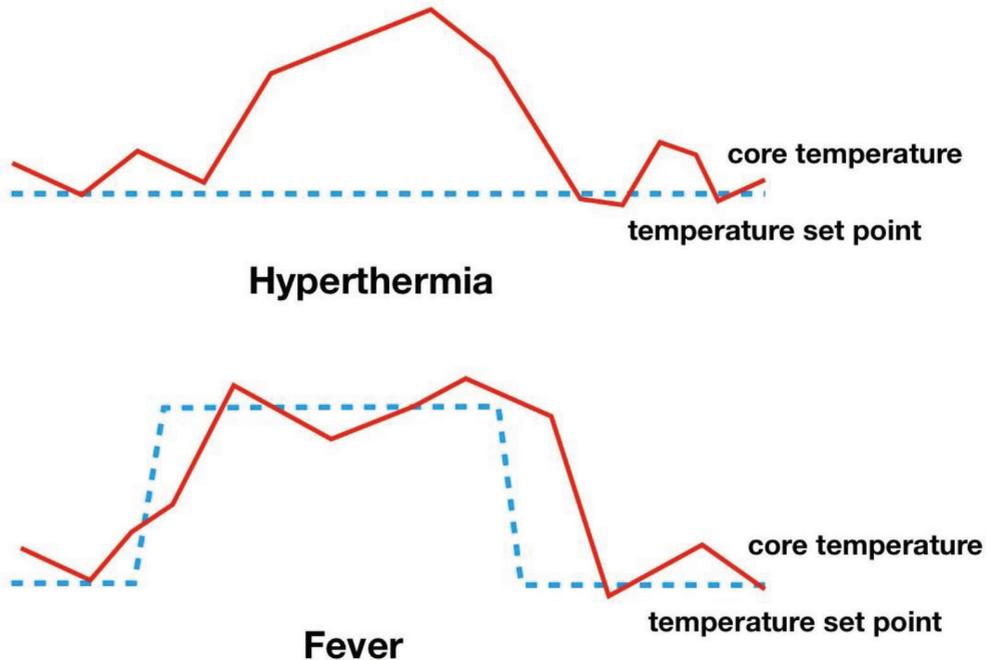
ความเข้าใจในเรื่องไข้ระหว่าง fever และ hyperthermia

จากแนวคิดทฤษฎีอุณหภูมิแกน (core temperature, Tc) กับอุณหภูมิเป้าหมาย (temperature set point, Ts)

ก. ตามปกติแล้วร่างกายจะมีการกำหนดอุณหภูมิเป้าหมายเพื่อควบคุมไม่ให้เกิดความผันแปรของไข้มากซึ่งไข้ที่สูงเกินอุณหภูมิเป้าหมายจะมีผลต่อการทำงานของโปรตีนและเอนไซม์ภายในของร่างกาย (the Q10 effect states - อุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงทุก 10 องศาเซลเซียส (18 องศาฟาเรนไฮต์) จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ร่างกาย 2-3 เท่า)

ข. อุณหภูมิแกนและอุณหภูมิเป้าหมายจะมีค่าใกล้เคียงกันในสภาวะปกติ

ค. เมื่อเกิดการติดเชื้อขึ้นร่างกายจะมีการเพิ่มอุณหภูมิเป้าหมายให้สูงขึ้นเพื่อเป็นการกระตุ้นการตอบสนองต่อการติดเชื้อ อุณหภูมิแกนกายก็จะสูงตามทำให้เกิดการผันแปรของไข้อยู่รอบอุณหภูมิแกนกายแต่ไม่เกิดความผิดปกติกับการทำงานของโปรตีนและเอนไซม์ ต่างจากไข้ที่เกิดจากความร้อนหรือการออกกำลังกาย ร่างกายยังไม่สามารถปรับอุณหภูมิเป้าหมายและอุณหภูมิแกนกายขึ้นไปได้ทันทำให้โปรตีนและเอนไซม์ในร่างกายเกิดความผิดปกติอย่างมาก อันส่งผลให้การทำงานของอวัยวะภายในร่างกายล้มเหลวได้ในที่สุด ดังรูปที่ 3⁽²⁾



รูปที่ 3. การปรับอุณหภูมิแกนกาย (core temperature) และอุณหภูมิเป้าหมาย (target temperature) หลังจากร่างกายมีไข้จากการรับความร้อน hyperthermia (รูปบน) และ การติดเชื้อ Fever (รูปล่าง)⁽²⁾

กลไกการระบายความร้อนหลังจากมีไข้

การตอบสนองต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นกลไกแรกคือการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต โดยหัวใจและหลอดเลือดจะเร่งการไหลเวียนของเลือดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังผิวหนังเพื่อทำการถ่ายเทความร้อนออกไปจากร่างกาย ดังนั้นผิวหนังบริเวณที่มีเส้นเลือดไปเลี้ยงมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณฝ่ามือและฝ่าเท้าจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าบริเวณอื่น เมื่อร่างกายต้องการระบายความร้อนที่สูงกว่านั้น เช่น ในภาวะที่ออกกำลังกายจะมีการระบายความร้อนเพิ่มเติมทางการขับเหงื่อ ซึ่งอัตราการระบายความร้อนโดยเหงื่อขึ้นกับปริมาณเหงื่อ จำนวนต่อมเหงื่อ และบริเวณที่มีต่อมเหงื่อมาก ในร่างกายมนุษย์จะมีการเสียเหงื่อมากที่สุดบริเวณหลังและอกซึ่งจะสามารถระบายความร้อนมากถึงร้อยละ 75 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายเหงื่อคือเสื้อผ้าที่ใส่ สิ่งแวดล้อม และอัตราการผลิตความร้อนของร่างกาย ในสัตว์หลายชนิดจะอาศัยการระบายความร้อนโดยการหอบ (panting) เช่น นก สุนัข และ กระต่าย เป็นต้น ในขณะที่มนุษย์และสัตว์ฟันแทะไม่สามารถหอบแบบเดียวกันได้ แต่อาศัยการเพิ่มอัตราการหายใจและปริมาตรอากาศแทน ซึ่งถือเป็นการระบายความร้อนที่เล็กน้อยเทียบกับทางผิวหนัง

ความผิดปกติของสารน้ำและเกลือแร่

การกระหายน้ำและการดื่มน้ำทดแทนเป็นปฏิกิริยาแรกสำหรับการชดเชยการเสียน้ำทางเหงื่อ ซึ่งอัตราการเสียเหงื่อเกิดได้ตั้งแต่ 0.3-3 ล.ต่อชั่วโมง ขึ้นกับกิจกรรม สิ่งแวดล้อม ระยะเวลาและงานที่ทำ ถ้าการเสียเหงื่อเกิดขึ้นมากและการชดเชยสารน้ำไม่เพียงพอจะทำให้ร่างกายเกิดความผิดปกติของเกลือแร่ซึ่งจะไปทำให้ระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมอุณหภูมิร่างกายเกิดบกพร่อง เกลือแร่ผิดปกติที่พบบ่อยและเป็นอันตรายถึงชีวิตในโรคลมร้อน ได้แก่โซเดียมในเลือดต่ำและโปแตสเซียมในเลือดต่ำโดย

ก. โซเดียมในเลือดต่ำเป็นภาวะที่พบได้ในโรคลมร้อนจากการออกกำลัง (exertional heatstroke) ในนักกรีฑาและทหารที่มีการออกแรงอย่างหนักและได้รับสารน้ำที่มีเกลือแร่ทดแทนในระดับต่ำ ผลที่ตามมาคือเซลล์สมองบวม ทำให้มีอาการซึมหรือชักได้ในที่สุด

ข. โปแตสเซียมในเลือดต่ำเป็นผลจาก 1) การหลังฮอร์โมนอัลโดสเตอโรน (aldosterone) จากภาวะขาดน้ำ 2) การเสียเหงื่อเป็นปริมาณมาก 3) การหายใจเร็วจนเกิดภาวะเลือดเป็นด่าง (respiratory alkalosis) 4) การเสียโปแตสเซียมทางปัสสาวะจากภาวะปัสสาวะมากผิดปกติ (polyuria)

ค. ตามปกติแล้วโปแตสเซียมมีฤทธิ์ทำให้หลอดเลือดในกล้ามเนื้อและหัวใจขยายตัวเมื่อมีการสูญเสียเกลือแร่อดังกล่าวจะทำให้เกิดความผิดปกติ ได้แก่ เหงื่อมีปริมาณลดลง ระบบหัวใจและหลอดเลือดผิดปกติ และกล้ามเนื้อเกิดการขาดเลือดนำมาสู่ภาวะกล้ามเนื้อสลาย (rhabdomyolysis)

ประเภทของการเจ็บป่วยจากความร้อนแบ่งเป็นชนิดไม่รุนแรงและรุนแรง

การเจ็บป่วยจากความร้อนชนิดไม่รุนแรง ได้แก่

ก. ไข้ (hyperthermia) เกิดจากร่างกายรับและสะสมความร้อนและไม่สามารถระบายได้ทันจนเกิดความร้อนสะสม มักจะไม่มีอาการผิดปกติอื่น

ข. ผดร้อนหรือผดผื่นคันจากความร้อน (heat rash หรือ prickly heat) เป็นผื่นแดงคัน มักพบที่ผิวหนังในร่มผ้า เนื่องจากมีการอุดตันของต่อมเหงื่อที่ผิวหนังบริเวณดังกล่าว ทำให้เกิดการอักเสบของต่อมเหงื่อแบบเฉียบพลันมักจะมีอาการคันเป็นอาการร่วม

ค. ภาวะบวมแดด (heat edema) เป็นอาการบวมและตึงของมือและเท้า ซึ่งจะเกิดขึ้นใน 2-3 วันแรกที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูง ส่วนใหญ่อาการบวมมักเกิดที่เท้าขึ้นมาถึงข้อเท้า มักจะไม่สูงเกินหน้าแข้ง เกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณผิวหนังและมีสารน้ำคั่งในช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณแขน ขา

ง. ลมแดด (heat syncope) ผู้ป่วยจะมีอาการหน้ามืด เป็นลม หหมดสติ หลังจากสัมผัสกับความร้อนเป็นระยะเวลาหนึ่ง เกิดจากภาวะของความดันโลหิตต่ำอันเป็นผลมาจากการขยายตัวของหลอดเลือดส่วนปลาย การลดลงของการตีตัวของหลอดเลือด และการพร่องของสารน้ำในร่างกาย

จ. ตะคริวแดด (heat cramps) เป็นการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อที่บังคับไม่ได้ ทำให้เกิดอาการปวด เกร็ง ผู้ป่วยจะมีอาการตะคริวที่บริเวณน่อง ต้นขาและกล้ามเนื้อหน้าท้อง ในขณะที่หรือภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักติดต่อกันหลายชั่วโมง ภาวะดังกล่าวนี้มักพบในผู้ที่มีเหงื่อออกมากและดื่มสารน้ำที่ไม่มีเกลือแร่ผสม ตะคริวสามารถหายได้เองแต่อาการปวดกล้ามเนื้ออาจจะยังปรากฏอยู่

ฉ. ภาวะเกร็งแดด (heat tetany) ภายหลังร่างกายรับความร้อนจนเกิดภาวะเครียดผู้ป่วยจะเริ่มมีอาการหายใจเร็วและลึก จนส่งผลให้เกิดภาวะความเป็นด่างในเลือดจากการหายใจเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาก (respiratory alkalosis) จะมีอาการเหน็บชา เกร็งกล้ามเนื้อ การเจ็บป่วยจากความร้อนชนิดรุนแรง ได้แก่

ช. กล้ามเนื้อสลายตัวจากความร้อน (heat-related rhabdomyolysis) เป็นภาวะที่ร่างกายมีการสลายตัวของกล้ามเนื้อลายอย่างเฉียบพลันทำให้สารต่าง ๆ ที่เกิดจากการทำลายของกล้ามเนื้อลายออกมาสู่กระแสโลหิต ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกล้ามเนื้อ มีค่าเอ็นไซม์กล้ามเนื้อสูงขึ้น ปัสสาวะเป็นสีแดงจาง ๆ หรือเป็นสีน้ำตาล ส่วนมากจะพบในผู้ป่วยที่มีประวัติการออกกำลังกาย แต่ในกลุ่มฮีทสโตรกที่ไม่ได้ออกกำลังกายก็พบได้เช่นเดียวกันในระดับที่ต่ำกว่า

ซ. ฮีทเอ็กซอสชัน (Heat exhaustion) เป็นกลุ่มอาการที่คล้ายกับฮีทสโตรกคือมีไข้ ระบบประสาทส่วนกลางเริ่มทำงานผิดปกติ แต่ยังมีกลไกร่างกายที่ยังสามารถควบคุมตนเองได้ ระดับไข้ยังไม่เข้าเกณฑ์ของฮีทสโตรก ผู้ป่วยอาจจะมีอาการไม่จำเพาะเจาะจง เช่น มึนงง อ่อนเพลีย ไม่มี

แรง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ อาจมีอาการเป็นลมหรือความดันโลหิตลดต่ำลงอย่างรวดเร็วเมื่อยืน (orthostatic hypotension) เหงื่อออกมาก หายใจเร็ว หัวใจเต้นเร็ว มีไข้ แต่ระดับอุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นยังไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส เมื่อวัดทางทวารหนัก เริ่มจะมีภาวะขาดน้ำและเกลือแร่ การบาดเจ็บจากความร้อนในระดับนี้ มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวินิจฉัยที่ทันทั่วทั้งที่ เพื่อให้หยุดการฝึกหรือออกกำลังกายและให้การรักษาพยาบาลก่อนที่จะมีอาการรุนแรงจนเป็นฮีทสโตรกหรือโรคลมร้อน

ณ. ฮีทสโตรก หรือ โรคลมร้อน (heatstroke) เป็นภาวะฉุกเฉินทางการแพทย์ เกิดจากการที่ร่างกายไม่สามารถลดอุณหภูมิร่างกายลงได้ ทำให้การทำงานของระบบอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายล้มเหลวและทำให้เสียชีวิตได้ มีอาการที่สำคัญและเป็นเกณฑ์ในการวินิจฉัย คือ

ก. อุณหภูมิร่างกายสูงเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส โดยเป็นการวัดอุณหภูมิแกน (Tc) ทางทวารหนักหรือหลอดอาหาร

ข. ระบบประสาทส่วนกลางทำงานผิดปกติ ได้แก่ ตั้งแต่มีอาการสับสน กระวนกระวาย พฤติกรรมเปลี่ยนแปลง ก้าวร้าว ประสาทหลอน ซึมลง หมดสติ ไปจนถึงโคม่า

ในผู้ป่วยฮีทสโตรกอาจจะพบได้ตั้งแต่มีเหงื่อออกมาก หรือบางรายจะไม่มีเหงื่อ ซึ่งเกิดจากการพร่องของสารน้ำในร่างกาย รุขุมขนหดตัว และต่อมเหงื่อทำงานผิดปกติ อาจทำให้เกิดภาวะทุพพลภาพหรืออาจทำให้เสียชีวิตได้หากไม่ได้รับการรักษาพยาบาลที่ถูกต้อง เหมาะสม ดังนั้นผู้ป่วยที่สงสัยว่าจะเป็นโรคลมร้อนต้องได้รับการปฐมพยาบาลในเบื้องต้น ระหว่างนำส่งและตรวจรักษาจากแพทย์โดยเร็วที่สุด

ฮีทสโตรก สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ฮีทสโตรกที่ไม่ได้ออกกำลังกาย หรือเรียกว่า classical heatstroke มักเกิดขึ้นในผู้สูงอายุ เด็กเล็ก หรือผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัวที่อยู่ในสภาพอากาศร้อนเป็นเวลานานต่อเนื่องกัน ร่างกายไม่สามารถใช้กลไกทางระบบประสาทรวมถึงพฤติกรรมระบายความร้อนได้ทัน จนความร้อนสะสมนำมาสู่ภาวะฮีทสโตรกในที่สุด ผู้ป่วยกลุ่มนี้มักจะได้รับบาดเจ็บเป็นการติดเชื้อ (sepsis) ทำให้ไม่ได้รับการลดอุณหภูมิทันที อันก่อให้เกิดระบบอวัยวะล้มเหลวและเสียชีวิตในที่สุด

2. ฮีทสโตรกที่เกิดร่วมกับการออกกำลังกาย หรือ exertional heatstroke มักจะเกิดขึ้นในกลุ่มผู้ที่มีประวัติการออกกำลังกายอย่างหนักหรือออกในสภาพอากาศที่ร้อนจัดโดยมีการพักหรือทดแทนสารน้ำไม่เหมาะสม พบได้ในการฝึกทหาร นักกีฬา หรือผู้สนใจในการออกกำลังกายที่ไม่ได้เตรียมตัวอย่างเหมาะสม

กลุ่มอาการป่วยที่เกิดจากความร้อนมักจะมีปัจจัยเสี่ยง 2 ประการ ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล เช่น โรคประจำตัว ยา อายุ สภาพร่างกาย การฝึกฝน และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดอาการป่วยจากความร้อน

ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม

1. อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูง
2. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง
3. อากาศนิ่งไม่มีลม
4. ไม่มีใต้ต้นไม้หรือพุ่มไม้
5. การเข้าถึงเครื่องปรับอากาศได้ยาก
6. การไม่มีที่กำบัง
7. เกิดคลื่นความร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 32.2 องศาเซลเซียส (90 องศาฟาเรนไฮต์) ติดต่อกันเกิน 3 วัน

ปัจจัยส่วนบุคคล

1. อายุ (เด็กทารก ผู้สูงอายุ)
2. อ้วน
3. สมรรถภาพกายต่ำ อ่อนแอ
4. ขาดการฝึกฝนปรับสภาพ
5. ภาวะขาดสารน้ำ

ปัจจัยจากยา

1. ยาขับปัสสาวะ (diuretic)
2. กลุ่มยาแก้แพ้ ลดน้ำมูก (antihistamine)
3. ยาด้านโคลิเนอร์จิกส์ (anticholinergics)
4. ยาลดความดันโลหิต กลุ่ม β -blocker
5. ยาเสพติด ยาบ้า
6. กลุ่มยารักษาไมเกรน
7. กลุ่มยาจิตเวช
8. เครื่องดื่มแอลกอฮอล์

ปัจจัยจากโรคประจำตัวและผู้ป่วย

1. การติดเชื้อไวรัส (เช่น ปอดอักเสบ คออักเสบ)
2. การอักเสบ (ไข้)
3. โรคทางผิวหนัง (เช่น สะเก็ดเงิน ไฟไหม้)
4. โรคระบบหลอดเลือดและหัวใจ
5. เบาหวาน
6. Malignant hyperthermia
7. Sick cell trait

การรักษาในเบื้องต้นและการป้องกัน

การรักษาในเบื้องต้น

สิ่งสำคัญที่สุดในการดูแลผู้ป่วยที่มีอาการจากความร้อนคือการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ทดแทนสารน้ำ และประคับประคองสัญญาณชีพ

ก. การลดอุณหภูมิร่างกายให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว เทคนิคการลดอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือการแช่ในน้ำเย็นแต่อาจจะทำได้ลำบากหากไม่ได้เตรียมอุปกรณ์ อาจจะใช้กลไกอื่น ๆ เช่น การทำให้เย็นด้วยการระเหย (evaporation) การใช้ถุงน้ำแข็งประคบ (conduction) การพัด (convection) และการนำเข้าสู่ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อแผ่ความร้อน (radiation)

ข. การให้สารน้ำ หากผู้ป่วยรู้สึกตัวอาจจะให้ของเหลวทางปากได้ หรือหากไม่รู้สึกตัวจะต้องให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำเพื่อทดแทนของเหลวและอิเล็กโทรไลต์ที่สูญเสียไป แนะนำให้ใช้สารน้ำที่มีการแช่เย็นไม่ต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพื่อลดอุณหภูมิไปด้วย

ค. การเฝ้าติดตามและการรักษาภาวะแทรกซ้อน เช่น ความไม่สมดุลของอิเล็กโทรไลต์ ไตวาย และความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลางต่างๆหลังจากอยู่ในโรงพยาบาลแล้ว

การป้องกัน

จากสภาวะอากาศในปัจจุบัน อาจจะไม่สามารถป้องกันได้ร้อยละ 100 แต่เป็นสิ่งที่ควรทำ

ก. การปรับตัวต่อความร้อน การสัมผัสกับความร้อนอย่างค่อยเป็นค่อยไปเพื่อปรับปรุงการทนต่อความร้อน (heat acclimation) หากมีการออกกำลังกายได้สภาวะอากาศร้อนจะต้องกำหนดเวลาและค่อย ๆ เพิ่มระยะเวลาเพื่อให้ร่างกายปรับตัวก่อน จะเห็นได้ในนักกีฬาที่ต้องเดินทางมาแข่งขันสภาพอากาศที่ร้อนกว่าจะต้องเดินทางมาก่อนการแข่งขันและทำการซ้อมภายใต้สภาพอากาศของประเทศที่ใช้แข่งขัน เพื่อให้ร่างกายเคยชินและทนกับสภาพอากาศได้

ข. การทดแทนสารน้ำ การดื่มน้ำอย่างสม่ำเสมอ ก่อน ระหว่าง และหลังการสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่มีความร้อน แนะนำให้ดื่มเครื่องดื่มเกลือแร่เพื่อทดแทนการเสียเหงื่อจากการออกกำลังกายมากกว่าการดื่มน้ำที่ไม่มีเกลือแร่ หากอากาศร้อนกว่าปกติจะต้องมีการพักดื่มน้ำและดื่มน้ำในปริมาณที่มากกว่าปกติ

ค. การสวมเสื้อผ้าที่เหมาะสม ใส่ผ้าที่เบาสบายและระบายอากาศได้ดีจะช่วยในการระบายความร้อนและการระเหยของเหงื่อ

ง. การสังเกตหรือควบคุมสิ่งแวดล้อม หลีกเลี่ยงการออกกำลังกายในสภาวะอากาศที่ร้อนเป็นเวลานาน ควรมีการใช้พัดลม เครื่องปรับอากาศ และวางแผนกิจกรรมในช่วงเวลาที่อากาศเย็นลงจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอาการบาดเจ็บได้มาก

บทสรุป

อาการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้องกับความร้อนเป็นความเสี่ยงต่อสุขภาพที่สำคัญ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง การเข้าใจกระบวนการพยาธิสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับโรคเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการป้องกัน การรับรู้ทันเวลา และการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ การตระหนักรู้และการแทรกแซงที่เหมาะสมสามารถลดผลกระทบที่เป็นอันตรายของความเครียดจากความร้อนและช่วยชีวิตได้

เอกสารอ้างอิง

1. Grant SL, Kurt PE, Mark AE, Flavio GG, Edward MO, Colin KG Wilderness Medical Society Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Heat-Related Illness: WILDERNESS & ENVIRONMENTAL MEDICINE 2013; 24:351–361
2. Lisa RL, Robert K. Pathophysiology of Heat-Related Illness: Chapter 10 Wilderness medicine textbook 2012; 113-129
3. Bouchama A, Knochel JP. Heatstroke. N Engl J Med 2002;346:1978–88
4. Benjamin M. Scirica Therapeutic Hypothermia After Cardiac Arrest Circulation. 2013;127:244-250
5. Chou YT, Chen JC, Liu RS, Chou KL, Chang CW, Lin MT Dopamine overload visualized in the basal ganglia of rabbit brain during heatstroke can be suppressed by hypothermia. Neurosci Lett. 2005 Feb 28;375(2):87-90. Epub 2004 Nov 23.
6. Lim CL, Mackinnon LT. The roles of exercise-induced immune system disturbances in the pathology of heat stroke: the dual pathway model of heat stroke. Sports Med. 2006;36:39–64.
7. Chang CK, Chang CP, Chiu WT, Lin MT. Prevention and repair of circulatory shock and cerebral ischemia/injury by various agents in experimental heatstroke. Curr Med Chem. 2006;13:3145–3154.
8. Sharma HS, Hoopes PJ. Hyperthermia induced pathophysiology of the central nervous system. Int J Hyperthermia. 2003;19:325–354.
9. Nelson NA, Eichna LW, Horvath SM, Shelley WB. Thermal exchanges of man at high temperatures. Am J Physiol. 1947;151:626–652.
10. Proulx CI, Ducharme MB, Kenny GP. Effect of water temperature on cooling efficiency

- durin hyperthermia in humans. *J Appl Physiol.* 2003;94:1317–1323.
11. McArdle WD, Magel JR, Lesmes GR, Pechar GS. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33 degrees C. *J Appl Physiol.* 1976;40:85–90.
 12. Noakes TD. Body cooling as a method for reducing hyperthermia. *S Afr Med J.* 1986;70:373–374.