

# Hypothermia for Basic Science

วันปรีดี ตันเสณีย์

## Introduction

*Hypothermia* เกิดเมื่อ core temperature of  $<35^{\circ}\text{C}$  ( $<95^{\circ}\text{F}$ ). พบมากในประเทศเมืองหนาว

อุณหภูมิร่างกายสามารถต่ำลงได้จาก conduction, convection, radiation, or evaporation.

*Conduction* คือการพาความร้อนออกโดย เช่น อยู่ใน cold environment, immersed in water, ร่างกายจะเสียความร้อนอย่างรวดเร็ว 30 เท่าเมื่อเทียบกับอยู่ในอากาศ

*Convection* คือ การพาความร้อนออกโดย heated material เช่น การใช้ลมเป่า

ส่วนควบคุมความร้อน คือ hypothalamus ความร้อนถูก conserved by peripheral vasoconstriction และ behavioral responses. เช่น ภาวะ dementia, drug intoxication, or trauma เพิ่ม risk of hypothermia

## Etiology (ตารางที่ 1)

## Pathophysiology and Clinical Features

“mild” hypothermia, body temperatures of  $32^{\circ}\text{C}$  to  $35^{\circ}\text{C}$  ( $89.6^{\circ}\text{F}$  to  $95.0^{\circ}\text{F}$ ) ผู้ป่วยอยู่ในภาวะ excitation (responsive) stage, เกิด physiologic adjustments หลายอย่างเพื่อรักษาความร้อนไว้ได้แก่ heart rate, cardiac output, and blood pressure

## ตารางที่ 1

---

**Causes of Hypothermia**


---

- Accidental (environmental) exposure
  - Metabolic disorders
    - Hypoglycemia
    - Hypothyroidism
    - Hypoadrenalism
    - Hypopituitarism
  - Hypothalamic and central nervous system dysfunction
    - Head trauma
    - Tumor
    - Stroke
    - Wernicke encephalopathy
  - Drugs
    - Ethanol
    - Sedatives-hypnotics
  - Sepsis
  - Dermal disease
    - Burns
    - Exfoliative dermatitis
  - Acute incapacitating illness
  - Massive fluid or blood resuscitation
- 

เมื่อ body temperature น้อยกว่า  $32^{\circ}\text{C}$  ( $89.6^{\circ}\text{F}$ ) จะเกิดภาวะ slowing (adynamic) stage, มี progressive slowdown of bodily functions and metabolism, เป็นสาเหตุให้เกิด decrease in both oxygen utilization and carbon dioxide production.

เมื่อ body temperature น้อยกว่า  $30^{\circ}\text{C}$  to  $32^{\circ}\text{C}$  ( $86.0^{\circ}\text{F}$  to  $89.6^{\circ}\text{F}$ ), Cardiac output and blood pressure จะลดลงอย่างมากจาก negative inotropic และ chronotropic effects of hypothermia และ concomitant hypovolemia. Circulating volume ลดลงได้ถึง 1/3 ของ normal blood volume.

Metabolic causes ที่ทำให้เกิด hypothermia ได้แก่ภาวะที่มี decrease in metabolic rate (hypothyroidism, hypoadrenalism, hypopituitarism, Hypoglycemia สาเหตุอื่นใดที่มีผลต่อ hypothalamic และ central nervous system (CNS) dysfunction (e.g., head trauma, tumor, stroke), Wernicke disease (potentially reversible with parenteral thiamine administration).

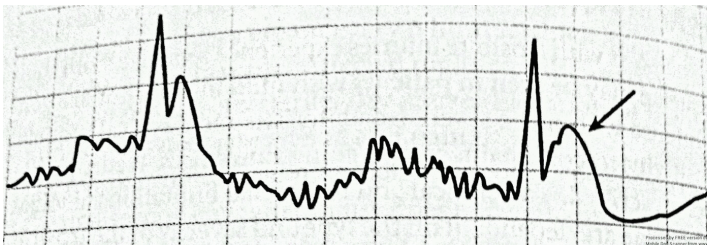
Ethanol or drug intoxication พบได้บ่อยใน hypothermic patients ทำให้เกิด vasodilator, anesthetic and CNS depressant effects กลุ่มยา sedative-hypnotic and vasodilating drugs

Sepsis ทำให้เกิด alter the hypothalamic temperature set point ซึ่งทำให้เกิด hypothermia และ บอกถึง poor prognostic factor in patients with bacteremia.

Severe dermal disease, significant burns, severe exfoliative dermatitis ทำให้มี cutaneous vasoconstriction ต่อมาจึงมีภาวะ increase transcutaneous water loss, เป็นpredisposing ที่ทำให้เกิดภาวะ hypothermia.

Hypothermia causes characteristic ECG changes and may induce life-threatening dysrhythmias<sup>5</sup>. The Osborn or J wave-a slow, positive deflection at the end of the QRS complex-is characteristic, though not pathognomonic, of hypothermia.

ผู้ป่วยจะเริ่มมี dysrhythmias เมื่อ body temperatures ต่ำกว่า 30°C (86°F) และเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิที่ลดลง typical sequence ได้ตั้งแต่ progression จาก si-



รูปที่ 1

## ตารางที่ 2

**ECG Changes in Hypothermia**

T-wave inversions  
 PR, QRS, QT prolongation  
 Muscle tremor artifact  
 Osborn (J) wave  
 Dysrhythmias  
     Sinus bradycardia  
     Atrial fibrillation or flutter  
     Nodal rhythms  
     Atrioventricular block  
     Premature ventricular contractions  
     Ventricular fibrillation  
     Asystole

nus bradycardia to atrial fibrillation with a slow ventricular response, to ventricular fibrillation, and ultimately to asystole.

Pulmonary effects เริ่มตั้งแต่ tachypnea, progressive decrease in respiratory rate and tidal volume. Cold-induced bronchorrhea, depression of cough and gag reflexes ทำให้มี aspiration pneumonia ซึ่งเป็น common complication.

Acid-base disturbances พบบ่อยในภาวะ hypothermia แต่ไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน Hypothermia ทำให้มี leftward shift of the oxyhemoglobin dissociation curve เกิด potentially impairing oxygen release to tissues. เสมือนเกิดภาวะ Hypoxia จึงจำเป็นต้องให้ oxygen supplement.

ผลต่อ CNS ได้แก่ consciousness จะ progressively depressed ตาม อุณหภูมิที่ลดลง Mild incoordination, confusion, lethargy, coma; pupils อาจจะ dilated และ unreactive ทั้งหมดเป็นผลมาจากการลดลงของ cerebral blood flow

Hypothermia impairs renal concentrating abilities และ induces a cold diuresis, เกิด volume loss ด้วยเหตุนี้ urine flow และ specific gravity ไม่สามารถใช้ประเมิน intravascular volume และ circulatory status ได้

Immobile hypothermic patient มีโอกาสเกิด rhabdomyolysis และ acute renal failure จาก myoglobinuria และ renal hypoperfusion

Combination ระหว่าง hemoconcentration, cold-induced increase in blood viscosity, และ poor circulation อาจเกิดภาวะ intravascular thrombosis and embolic complications. Disseminated intravascular coagulation จากการ release of tissue thromboplastins เข้าไปใน blood stream โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระบบ circulation เริ่มกลับมาทำงานอีกครั้งขณะ rewarming. ความเย็นยับยั้ง platelet function และ enzymatic reactions of the coagulation cascade ผู้ป่วยจึงเสี่ยงต่อภาวะ bleeding

Endocrine function มักจะ preserved ที่ low body temperatures เช่น Plasma cortisol, thyroid hormone levels จะปกติ หรือ สูงขึ้น นอกจากคนไข้จะมี hormone deficiency อยู่เดิม

Pancreatitis and pancreatic necrosis พบได้ใน hypothermia. Hepatic function ลดลง drugs metabolized, conjugated, detoxified ลดลง มี accumulate ของ toxic levels อย่างรวดเร็ว

## Diagnosis

การ diagnosis hypothermia บางครั้งทำได้ยาก เนื่องจากอุปกรณ์ มักวัดอุณหภูมิได้แค่ 34.4°C (93.9°F), มักจะต้องใช้ Electronic thermometers with flexible probes ในการให้ continuously monitor rectal, bladder, esophageal temperatures.

## Treatment

คือการ rewarming techniques นำผู้ป่วยออกจาก environment ถอด

เสื้อผ้าเปียก และ ทำให้ตัวแห้ง ด้วยความระมัดระวังเพราะสามารถ precipitate ventricular fibrillation ซึ่งพจนมัทคาล่าได้ยาก การทำ chest compressions สามารถทำให้เกิด ventricular fibrillation จึงควรใช้เวลาอย่างน้อย 30-45 วินาที เพื่อคาล่าชีพจร และ ดูการหายใจ

Oxygen and IV fluids ควร warmed, monitor core temperature, cardiac rhythm, and oxygen saturation indications ในการใส่ endotracheal intubation เหมือนปกติ แต่อาจกระตุ้นให้มี dysrhythmias ได้ แต่มักจะ revert spontaneously with rewarming hypothermic heart มักจะ resistant ต่อ atropine, pacing และ countershock. Ventricular fibrillation จะเป็นแบบ refractory จนกว่าจะทำ rewarmed The American Heart Association's 2005 guidelines suggest ทำ single defibrillation ถ้าไม่สำเร็จให้เริ่ม CPR และ rapid rewarming อาจจะทำ Defibrilla-

### ตารางที่ 3

#### Rewarming Techniques

##### Passive rewarming

- Removal from cold environment
- Insulation

##### Active external rewarming

- Warm water immersion
- Heating blankets set at 40°C (104°F)
- Radiant heat
- Forced air

##### Active core rewarming at 40°C (104°F)

- Inhalation rewarming
- Heated IV fluids
- GI tract lavage
- Bladder lavage
- Peritoneal lavage
- Pleural lavage
- Extracorporeal rewarming
- Mediastinal lavage by thoracotomy

tion ได้ข้อสรุปเมื่อ core temperature  $30^{\circ}\text{C}$  ( $86^{\circ}\text{F}$ ).<sup>7</sup>

## Rewarming Techniques

มีวิธีการหลายแบบตามตาราง แต่ยังมี prospective, controlled studies comparing rewarming methods in humans น้อย

IV fluids และ blood ควร warmed  $40^{\circ}\text{C}$  ( $104^{\circ}\text{F}$ ) ยิ่งถ้าได้ massive volume resuscitation

## Prognosis

คนไข้ “uncomplicated” hypothermia จะมี low mortality rate คนไข้ที่มี significant associated diseases มักจะมี prognosis ที่เลวกว่า<sup>21</sup> แต่โรคที่มีร่วมมีผลต่อ prognosis น้อยกว่า initial temperature และ rewarming method ถ้ามี asphyxia หรือ near-drowning ร่วมด้วย prognosis จะเลวที่สุด<sup>22</sup>

การจะบอกว่าผู้ป่วยเสียชีวิตใน hypothermia คือ ไม่ฟื้นคืนสติหลังจาก rewarming นอกจากนั้นถ้าไม่มี strong evidence ว่าผู้ป่วยเสียชีวิตอย่างอื่น ต้องทำ resuscitation จนกระทั่ง core temperature ต่ำกว่า  $30^{\circ}\text{C}$  to  $32^{\circ}\text{C}$  ( $86.0^{\circ}\text{F}$  to  $89.6^{\circ}\text{F}$ ).

ผู้ป่วย hypothermic ส่วนมากจำเป็นต้อง admit ทั้งเพื่อรักษาอาการจาก Hypothermia และ Underlying อื่นๆ

## เอกสารอ้างอิง

- Centers for Disease Control and Prevention: Hypothermia-related deaths-United States, 2003-2004. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 54: 173, 2005.
- Danzl DF, Pozos RF. Accidental hypothermia. N Engl J Med 331: 1756, 1994.[PMID: 7984198]
- Giesbrecht GG. Cold stress, near drowning and accidental hypothermia: a review. Aviat Space Environ Med 71: 733, 2000.[PMID: 10902937]
- Wittmers LE. Pathophysiology of cold exposure. Minn Med 84: 30, 2001.[PMID: 11816961]
- Aslam AF, Aslam AK, Vasavada BC, et al. Hypothermia: evaluation, electrocardio-

- graphic manifestations, and management. *Am J Med* 119: 297, 2006.[PMID: 16564768]
6. Lloyd EL. Accidental hypothermia. *Resuscitation* 32: 111, 1996.[PMID: 8896051]
  7. ECC Committee, Subcommittees and Task Forces of the American Heart Association: 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Part 10.4: hypothermia. *Circulation* 112(suppl): IV-136, 2005.
  8. Hanania NA, Zimmerman JL. Accidental hypothermia. *Crit Care Clin* 15: 235, 1999.[PMID: 10331126]
  9. Danzl DF, Pozos RS, Auerbach PS, et al. Multicenter hypothermia survey. *Ann Emerg Med* 16: 1042, 1987.[PMID: 3631669]
  10. Muszkat M, Durst RM, Ben-Yehuda A. Factors associated with mortality among elderly patients with hypothermia. *Am J Med* 113: 234, 2002.[PMID: 12208384]
  11. Vassal T, Benoit-Gonin B, Carrat F, et al. Severe accidental hypothermia treated in an ICU: prognosis and outcome. *Chest* 120: 1998, 2001.[PMID: 11742934]
  12. Koller R, Schnider TW, Neidhart P. Deep accidental hypothermia and cardiac arrest—rewarming with forced air. *Acta Anaesthesiol Scand* 41: 1359, 1997.[PMID: 9422306]
  13. Steele MT, Nelson MJ, Sessler DI, et al. Forced air speeds rewarming in accidental hypothermia. *Ann Emerg Med* 27: 479, 1996.[PMID: 8604866]
  14. Otto RJ, Metzler MH. Rewarming from experimental hypothermia: comparison of heated aerosol inhalation, peritoneal lavage, and pleural lavage. *Crit Care Med* 16: 869, 1988.[PMID: 3402231]
  15. Barr GL. Correction of hypothermia by continuous pleural perfusion. *Surgery* 103: 553, 1988.[PMID: 3363490]
  16. Walpoth BH, Walpoth-Aslan BN, Mattle HP, et al. Outcome of survivors of accidental deep hypothermia and circulatory arrest treated with extracorporeal blood warming. *N Engl J Med* 337: 1500, 1997.[PMID: 9366581]
  17. Lazar HL. The treatment of hypothermia. *N Engl J Med* 337: 1545, 1997.[PMID: 9366589]
  18. Gentilello LM, Cobean RA, Offner PJ, et al. Continuous arteriovenous rewarming: rapid reversal of hypothermia in critically ill patients. *J Trauma* 32: 316, 1992.[PMID: 1548720]
  19. Brauer A, Wrigge H, Kersten J, et al. Severe accidental hypothermia: rewarming strategy using a venovenous bypass system and a convective air warmer. *Intensive Care Med* 25: 520, 1999.[PMID: 10401949]
  20. Brunette DD, McVaney K. Hypothermic cardiac arrest: an 11-year review of ED management and outcome. *Am J Emerg Med* 18: 418, 2000.[PMID: 10919530]
  21. Delaney KA, Vassallo SU, Larkin GL, et al. Rewarming rates in urban patients with



- hypothermia: prediction of underlying infection. Acad Emerg Med 13: 913, 2006.[PMID: 16946289]
22. Farstad M, Andersen KS, Koller ME, et al. Rewarming from accidental hypothermia by extracorporeal circulation. A retrospective study. Eur J Cardiothorac Surg 20: 58, 2001.[PMID: 11423275]
  23. Gilbert M, Busund R, Skagseth A, et al. Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7°C with circulatory arrest. Lancet 355: 375, 2000.[PMID: 10665559]
  24. Lexow K. Severe accidental hypothermia: survival after 6 hours 30 minutes of cardiopulmonary resuscitation. Arctic Med Res 50(suppl 6):112, 1991.