

บทความพิเศษ

การให้สารน้ำในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวก (Fluid resuscitation in burn patients)

ชัยรัตน์ บุรุษพัฒน์

หน่วยศัลยกรรมตกแต่งและเสริมสร้าง กองศัลยกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

ไฟไหม้น้ำร้อนลวกเป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการถูกความร้อนทั้งจากเปลวไฟ น้ำร้อน รวมถึงถูกกระแสไฟฟ้าดูด การบาดเจ็บที่รุนแรงอาจทำให้เกิดความพิการจนถึงการสูญเสียชีวิตได้ อุบัติเหตุไฟไหม้น้ำร้อนลวกที่มากกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่ผิวทั้งหมดของร่างกายจะมีผลในทุกราย ระบบของร่างกาย (systemic) ไม่เพียงแต่เฉพาะตำแหน่งที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกเท่านั้น¹ การให้การรักษาย่างถูกต้อง รวดเร็วและเหมาะสมจะทำให้ผู้ป่วยได้รับผลการรักษาที่ดี มีประสิทธิภาพ ลดการเกิดความพิการจากแผลติดเชื้อและอัตราการเสียชีวิตได้

โดยทั่วไปภาวะไฟไหม้น้ำร้อนลวกจะทำให้มีรั่วของน้ำและโปรตีนจากเส้นเลือดเข้าไปในบริเวณเนื้อเยื่อที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวก อย่างไรก็ตามในผู้ป่วยที่ไฟไหม้น้ำร้อนลวกมากกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่ผิวทั้งหมดของร่างกาย การรั่วและสูญเสียปริมาณน้ำและโปรตีนจะเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อส่วนอื่นที่ไม่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกด้วยและการรั่วของสารน้ำจะยังคงต่อเนื่องไปอย่างน้อย 24-36 ชั่วโมงหลังจากเกิดไฟไหม้น้ำร้อนลวก² การสูญเสียน้ำและโปรตีนในปริมาณมากนี้สามารถทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะช็อกได้

การให้สารน้ำทดแทน (fluid resuscitation) จะทำเพื่อรักษาปริมาณสารน้ำในเส้นเลือด (intravascular volume) จนกว่าภาวะรั่วของสารน้ำจะหมดไป ภาวะช็อกจากไฟไหม้น้ำร้อนลวกจัดเป็นลักษณะอย่างหนึ่งของภาวะช็อกที่เกิดจากการสูญเสียปริมาณน้ำในร่างกาย (hypovolemic shock) ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนโลหิต ได้แก่การลดลงของพลาสมาในเส้นเลือด การลดลงของปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจ (cardiac output) เส้นเลือดต่างๆ จะมีความต้านทานเพิ่มขึ้นทั่วร่างกายและมีการลดลงของปริมาณบัสสวาระ เป็นผลให้เกิดการลดลงของปริมาณเลือดที่ไปยังส่วนต่างๆ ทั่วทั้งร่างกาย³⁻⁷ อย่างไรก็ตามมีความแตกต่างจากภาวะช็อกที่เกิดจากการสูญเสียเลือด (hemorrhagic shock) คือในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวกจะมีการเพิ่มขึ้นของระดับ hematocrit และความเข้มข้นของ hemoglobin ซึ่งการเพิ่มขึ้นนี้จะยังสามารถพบได้ถึงแม้ได้มีการให้สารน้ำทดแทนเพียงพอแล้วก็ตาม

ลักษณะการบวมของเนื้อเยื่อจะมีลักษณะเป็นแบบ biphasic pattern คือ ในช่วงแรกจะมีการบวมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและทันทีทันใดจากสารน้ำรั่วไปในบริเวณเนื้อเยื่อที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวก ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงชั่วโมงแรกๆ ภายหลังจากไฟไหม้น้ำร้อนลวก^{6,8} ในระยะต่อมาจะมีการรั่วของสารน้ำไปในเนื้อเยื่อที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกและไม่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกอย่างช้าๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในช่วง 12-24 ชั่วโมงหลังไฟไหม้น้ำร้อนลวก^{8,9} การให้สารน้ำทดแทนทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดและแรงดันในเส้นเลือดฝอย ทำให้มีการรั่วของสารน้ำตามไปด้วยโดยพบว่าปริมาณของการบวมนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดและความรุนแรงของไฟไหม้น้ำร้อนลวก^{6,10} และชนิดและประมาณของสารน้ำที่ให้ทดแทนด้วย

การบาดเจ็บจากไฟไหม้น้ำร้อนลวก ทำให้เกิดการหลั่งสารสื่อกลาง (mediators) ต่างๆ ทั้งเฉพาะที่ (local) และเข้าสู่กระแสเลือดไปยังส่วนอื่นของร่างกาย (systemic) สารสื่อกลางต่างๆ เหล่านี้มีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดการบวมและความผิดปกติของระบบหัวใจและหลอดเลือดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ vascular permeability ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของ hydrostatic pressure ในเส้นเลือดขนาดเล็กและมีการขยายตัวของเส้นเลือดแดงเล็กๆ (arteriolar vasodilatation) โดยสารสื่อกลางเหล่านั้นได้แก่ histamine, prostaglandins เช่น thromboxanes, leukotrienes, interleukin-1, prostaglandin E₂ (PGE₂), prostacyclin (PGI₂), thromboxane A₂ (TXA₂), thromboxane B₂ (TXB₂), bradykinins, serotonin, catecholamine, platelet aggregation factor (PAF), angiotensin II, vasopressin รวมถึง corticotropin releasing factor (CRF) และ oxygen radicals ด้วย

การให้สารน้ำทดแทนในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวก

เนื่องจากการได้รับบาดเจ็บจากไฟไหม้น้ำร้อนลวกจะทำให้ร่างกายหลั่งสาร inflammatory mediators ต่างๆ มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ vascular permeability เกิดการสูญเสียน้ำเข้าไปใน interstitial มีการลดลงของ cardiac output การให้สาร

น้ำทดแทนเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพื่อรักษาปริมาณสารน้ำในเส้นเลือด (intravascular volume) ให้คงที่เพื่อให้เลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ การให้สารน้ำทดแทนนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะให้อย่างต่อเนื่องในช่วง 24-48 ชั่วโมงแรก การให้สารน้ำทดแทนทางเส้นเลือดดำจะใช้ในกรณีผู้ป่วยได้รับไฟไหม้น้ำร้อนลวกมากกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่ผิวร่างกายและมีความลึกของผิวหนังที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป ถ้าน้อยกว่านั้นสามารถให้ทางปากได้ ถึงแม้ว่าจะมีสูตรที่ใช้ในการให้สารน้ำทดแทนแต่สิ่งที่สำคัญที่สุดในการรักษาผู้ป่วยได้แก่ การดูปริมาณบัสสาวะซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ดีที่สุดว่าผู้ป่วยได้รับสารน้ำทดแทนเพียงพอแล้วหรือไม่ โดยในผู้ใหญ่ควรให้ได้ปริมาณบัสสาวะมากกว่า 30 ซีซี ต่อชั่วโมงหรือ 0.5 ถึง 1 ซีซี ต่อชั่วโมงต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ส่วนในเด็กให้ได้ปริมาณบัสสาวะมากกว่า 1 ถึง 1.5 ซีซี ต่อชั่วโมงต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีการศึกษาการใช้ transpulmonary thermodilution ในผู้ป่วยที่ได้รับอุบัติเหตุไฟไหม้น้ำร้อนลวกเพื่อใช้ดูความพอเพียงของปริมาณสารน้ำโดยดู cardiac output พบว่ายังมีข้อมูลไม่เพียงพอ¹¹ อย่างไรก็ตามการศึกษาเพิ่มเติมของการใช้ transpulmonary thermodilution เพื่อประเมินปริมาณสารน้ำในเส้นเลือดได้เพียงพออย่างถูกต้อง รวดเร็วโดยใช้สารน้ำทดแทนที่น้อยที่สุดและมีความเจ็บปวดต่อผู้ป่วยน้อยที่สุด (less invasive)¹²

ผู้ป่วยที่ได้รับอุบัติเหตุไฟไหม้น้ำร้อนลวกจะมีการเคลื่อนของสารน้ำในหลอดเลือดออกไปตามเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของร่างกายทั้ง interstitial และ intracellular space ทำให้เกิดภาวะ hypovolemia หลักการให้สารน้ำคือให้สารน้ำในปริมาณที่น้อยที่สุดที่สามารถคงระดับการไหลเวียนเลือดไปยังอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกาย (maintain adequate organ perfusion) ได้โดยเฉพาะในช่วง 24-48 ชั่วโมงแรกซึ่งเป็นช่วงที่สำคัญมาก และจากหลังจาก 48-72 ชั่วโมงแล้วสารน้ำบางส่วนจะไหลกลับเข้ามาในหลอดเลือด บางส่วนจะยังคงอยู่ตาม interstitial space และใน alveoli ของปอด ซึ่งการให้สารน้ำที่มากเกินไปในช่วง 24-48 ชั่วโมงแรกจะส่งผลถึงการหายใจในระยะ 48-72 ชั่วโมงได้ อย่างไรก็ตามชนิดและปริมาณของสารน้ำที่ให้มีหลายสูตรและยังคงเป็นที่ถกเถียงกันอยู่

ชนิดของสารน้ำที่ใช้ในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวก

Crystalloid

สารน้ำ isotonic crystalloid ที่นิยมใช้โดยทั่วไปได้แก่ Lactate Ringer Solution (LRS) และ 0.9% Normal Saline (0.9% NaCl) อย่างไรก็ตามในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวกส่วนใหญ่

จะไม่นิยมให้ 0.9% NaCl เนื่องจากผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวกที่มีพื้นที่ผิวที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกบริเวณกว้างจะต้องได้รับสารน้ำในปริมาณมาก การได้รับ 0.9% NaCl ในปริมาณมากจะทำให้เกิดภาวะ hyperchloremic metabolic acidosis นอกจากนี้ยังอาจมีผลทำให้ลดการไหลเวียนเลือดที่ไปที่ไตและลดอัตราการกรองของหน่วยไตย่อย (glomerular infiltration rate) ทำให้เกิดภาวะไตวายฉับพลันได้¹³

LRS เป็นสารน้ำที่นิยมให้มากที่สุดในการผู้ป่วยที่ได้รับอุบัติเหตุไฟไหม้น้ำร้อนลวก ใน LRS จะมีโซเดียม 130 mEq/L (ขณะที่ 0.9% NaCl จะมีโซเดียม 154 mEq/L) อย่างไรก็ตามใน LRS จะมีส่วนผสมของ D-lactate และ L-lactate isomers ซึ่งทำให้เกิดการสร้างของ ROS (reactive oxygen species) เพิ่มขึ้น oxygen free radicals ที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้มีผลเสียทำให้การทำงานของเซลล์เสียไป ทั้งเกิด local cellular membrane dysfunction และ immune response ด้วย¹⁴ การประเมินปริมาณสารน้ำว่าเพียงพอจะใช้การดูปริมาณบัสสาวะเป็นหลักโดยให้ปริมาณบัสสาวะอยู่ที่ 0.5 ซีซี./กก./ชม. พบว่าโดยเฉลี่ยจะใช้ปริมาณสารน้ำ crystalloid ประมาณ 3-4 ซีซี./กก./%burn ใน 24 ชั่วโมงแรก แต่ถ้าต้องการปริมาณบัสสาวะที่ 1 ซีซี./กก./ชม. จะทำให้ปริมาณสารน้ำที่ได้รับเพิ่มมากขึ้นโดยพบว่ายิ่งให้สารน้ำมากเท่าไรก็ยิ่งทำให้เนื้อเยื่อในวันหลายๆ บวมมากขึ้นด้วย

Colloid

โปรตีนในหลอดเลือดมีความสำคัญมากในเรื่องความสามารถในการดึงน้ำเข้าหาตัวเอง (oncotic force) การสูญเสียโปรตีนในหลอดเลือดจะทำให้สูญเสียแรงดึงน้ำในหลอดเลือดและทำให้ปริมาณน้ำในหลอดเลือดรั่วออกไปเนื้อเยื่อรอบๆ ได้มากขึ้น ทำให้เนื้อเยื่อรอบๆ บวมมากขึ้นด้วย การให้ colloid จะช่วยคงสภาพปริมาณสารน้ำในเส้นเลือดจาก osmotic pressure, ช่วย expand intravascular volume, ลดปริมาณสารน้ำที่ต้องให้และช่วยลดบวมในเนื้อเยื่อต่างๆ¹⁵ อย่างไรก็ตามการให้ colloid ในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวกมีแนวคิดที่แตกต่างกันไป 3 แบบคือ

1. โปรตีนควรให้ตั้งแต่เริ่มมีการให้สารน้ำโดยให้ร่วมกับ crystalloid

2. ควรให้โปรตีนในช่วง 8-12 ชั่วโมงหลังจากไฟไหม้น้ำร้อนลวก มีการศึกษาวิจัยพบว่าโปรตีนในหลอดเลือดจะไม่มีประสิทธิภาพจนกว่าจะ 8-12 ชั่วโมงหลังจากไฟไหม้น้ำร้อนลวก เนื่องจากในช่วง 8-12 ชั่วโมงแรกปริมาณของน้ำในหลอดเลือดจะเคลื่อน (shift) ออกไปค่อนข้างมาก^{4,8}

3. จะไม่ให้โปรตีนใน 24 ชั่วโมงแรกเนื่องจากในช่วงเวลานี้ การให้โปรตีนจะไม่สามารถรักษา oncotic force ได้ และจะเกิดการรั่วไหลของ colloid เข้าไปใน interstitial ทำให้เกิดการบวมของเนื้อเยื่อมากขึ้นซึ่งผลของการให้โปรตีนจะไม่แตกต่างกับการให้ crystalloid พวก 0.9% NaCl หรือ LRS และยังทำให้โปรตีนรั่วไปตามเนื้อเยื่อต่างๆ โดยเฉพาะปอด ทำให้เกิดน้ำสะสมในปอดมากขึ้นในช่วงระยะเวลาที่เริ่มมีการดูดซึมน้ำกลับเข้าหลอดเลือด¹⁶

จากแนวคิดที่แตกต่างกันทั้ง 3 แนวคิดนี้ โดยหลักการคือการให้ colloid เพื่อให้เกิด oncotic pressure ในเส้นเลือดโดยจะเริ่มให้เมื่อเริ่มไม่มีการรั่วของสารน้ำในเส้นเลือดแล้วโดยทั่วไปจะประมาณ 12-24 ชั่วโมงหลังจากอุบัติเหตุโดย colloid ที่เลือกใช้ได้แก่ albumin, fresh-frozen plasma (FFP) หรือ Dextran

มีการศึกษาพบว่า การให้ colloid ไม่ได้ผลดีไปกว่าการให้ crystalloid เพียงอย่างเดียว เนื่องจากเมื่อน้ำเยื่อถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวก capillary จะไม่สามารถเก็บโปรตีนได้ทำให้โปรตีนสามารถรั่วออกจาก capillary ได้¹⁷ และพบว่ามีการใช้ยาที่แพงขึ้นด้วย การศึกษาของ Zdolsek และคณะพบว่า การให้ albumin ในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวกในระยะแรกจะช่วยลด capillary leakage และช่วยเป็น plasma volume expansion ได้จนถึง 1 สัปดาห์หลังอุบัติเหตุ¹⁸ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาแบบ meta-analysis พบว่าการให้ albumin จะช่วยลดการให้ปริมาณสารน้ำเฉลี่ย 1 ซีซี/กก/%burn¹⁹ และช่วยลดการเกิด compartment syndrome²⁰ อย่างไรก็ตามไม่ได้ช่วยลดอัตราการเสียชีวิตเมื่อเทียบกับสารน้ำอื่น^{19,21} แต่ก็ไม่พบว่าจะมีผลให้แย่ลงกว่าเดิม^{19,20,22}

การศึกษาของ Demling โดยใช้ FFP 0.5-1 ซีซี./กก./%burn ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 8-10 หลังไฟไหม้น้ำร้อนลวก^{23,24} พบว่าการให้ FFP จะให้โดยเฉพาะในผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยที่มีภาวะสูดดมควันไฟร่วมด้วย (Inhalation injury) และผู้ป่วยที่มีไฟไหม้น้ำร้อนลวกมากกว่าร้อยละ 50 จะพบว่าจะเกิดการบวมน้อยกว่าและสามารถคงสภาวะ hemodynamic stability ได้ดีกว่า

กล่าวโดยสรุปคือการให้ albumin จะช่วยรักษา oncotic pressure ได้และจะมีประโยชน์ในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวกที่มีภาวะช็อก ร่วมกับระดับ albumin ในเลือดต่ำ (hypoalbuminemia)

การให้ Hypertonic saline (HTS)

ในขณะที่การรักษาผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวกจะเน้นที่การให้สารน้ำทดแทนเป็นปริมาณมาก Monafo ได้รายงานการให้ hypertonic

lactate saline solution ซึ่งช่วยลดปริมาณการให้สารน้ำลง สารน้ำของ Monafo จะประกอบด้วย โซเดียม 300 mEq/L lactate 200 mEq/L และ chloride 100 mEq/L²⁵ การรักษาโดยให้ HTS นี้จะทำให้น้ำจาก intracellular space เข้าสู่ extracellular space เพิ่มขึ้น²⁶

Monafo รายงานว่าการให้สารละลายที่มี sodium 240-300 mEq/L จะช่วยลดการบวมลงเนื่องจากจะทำให้ลดการให้ปริมาณ LRS ลง²⁵ อย่างไรก็ตามการประเมินยังคงใช้การดูปริมาณปัสสาวะที่ออกต่อชั่วโมง นอกจากนี้การให้ HTS จะต้องคอยตรวจระดับโซเดียมและ osmolality ในเลือดด้วย มีการศึกษาของ Caldwell และ Bowsen พบว่าการให้ HTS จะทำให้ผู้ป่วยได้ free water ลดลง โดยเฉพาะในผู้ป่วยสูงอายุหรือเด็ก แต่ไม่พบข้อดีกว่าในการลดอัตราการเสียชีวิต²⁷

การให้ HTS จะมีข้อเสียคือมีผลให้เกิดระดับ osmolality ในเลือดสูงขึ้น (hyperosmolality > 340 mOsm/dL) และ hypernatremia (> 160 mEq/dL) ไตวายเฉียบพลัน (acute renal failure) สมองเหี่ยวและอาจทำให้เกิดการฉีกขาดของเส้นเลือดในสมองได้ (brain shrinkage with tearing of intracranial vessels)¹³ มีรายงานถึงข้อเสียของการให้ HTS โดยพบว่าทำให้เกิดภาวะไตวายเฉียบพลันเพิ่มขึ้น 4 เท่าและอัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น 2 เท่า²⁸ แต่ก็มีรายงานว่าช่วยลดความดันในช่องท้อง (intraabdominal hypertension) และช่วยลดปริมาณการให้สารน้ำลง²⁹ การให้สารละลาย HTS จะมีผลช่วยลดการเคลื่อนของน้ำจากในเส้นเลือดสู่ extracellular space ช่วยลดบวมและยังช่วยลดภาวะแทรกซ้อนบางอย่างเช่น การทำ escharotomy จากการมี vascular compromise ได้

การให้ HTS อาจให้ในผู้ป่วยที่เป็นพวก volume sensitive เช่นในเด็กเล็กหรือในผู้ป่วยที่อายุมากๆ หรือมีความเสี่ยงของการเกิด over-resuscitation³⁰ มีบางโรงพยาบาลในสหรัฐอเมริกาที่ใช้ LRS ร่วมกับ NaHCO₃ 50 mEq เพื่อทำให้เป็น mild hypertonic saline ใน 8 ชั่วโมงแรกหลังได้รับไฟไหม้น้ำร้อนลวก³¹

การพิจารณาให้ HTS อาจให้ในเด็กที่ไฟไหม้น้ำร้อนลวกมากกว่าร้อยละ 40 สารละลายที่ให้โซเดียม 180 mEq (LRS + NaHCO₃ 50 mEq) ซึ่งจะช่วย reverse metabolic acidosis โดยให้ภายใน 8 ชั่วโมงหลังไฟไหม้น้ำร้อนลวก หลังจากนั้นเปลี่ยนให้สารละลาย LRS ตามสูตรของ Parkland โดยคงปริมาณปัสสาวะที่ 30-50 cc/ชม. อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อสรุปที่แน่นอนถึงการให้ HTS

สูตรการให้สารน้ำที่นิยมได้แก่

Parkland formula³²

- ช่วง 24 ชั่วโมงแรก ในผู้ใหญ่ให้ LRS 4 ซีซี./กก./%burn ในเด็กให้ LRS 3 ซีซี./กก./%burn (ไม่มีการให้ colloid ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก)
- ช่วง 24 ชั่วโมงต่อมา ให้ colloids 20-60% ของปริมาณพลาสมาในร่างกาย (ไม่มีการให้ crystalloid ในช่วง 24-48 ชั่วโมงนี้) และใช้การปรับสารน้ำโดยดูปริมาณปัสสาวะที่ออกที่ 0.5-1 ซีซี./กก./ชม. ในผู้ใหญ่และ 1 ซีซี./กก./ชม. ในเด็ก

Modified Parkland formula

- ช่วง 24 ชั่วโมงแรก ในผู้ใหญ่ให้ LRS 4 ซีซี./กก./%burn (ไม่มีการให้ colloid ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก)
- ช่วง 24 ชั่วโมงต่อมา ให้ 5% albumin 0.3-1 ซีซี./กก./%burn

Brooke formula³³

- ช่วง 24 ชั่วโมงแรก ให้ LRS 1.5 ซีซี./กก./%burn ร่วมกับ colloids 0.5 ซีซี./กก./%burn ร่วมกับ glucose in water 2,000 mL
- ช่วง 24 ชั่วโมงต่อมา ให้ LRS 0.5 ซีซี./กก./%burn ร่วมกับ colloids 0.25 ซีซี./กก./%burn ร่วมกับ glucose in water 2,000 mL

Modified Brooke formula¹⁷

- ช่วง 24 ชั่วโมงแรก ในผู้ใหญ่ให้ LRS 2 ซีซี./กก./%burn ในเด็กให้ LRS 3 ซีซี./กก./%burn (ไม่มีการให้ colloid ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก)
- ช่วง 24 ชั่วโมงต่อมา ให้ colloids ที่ 0.3-0.5 ซีซี./กก./%burn (ไม่มีการให้ crystalloid ในช่วง 24-48 ชั่วโมงนี้)

Evans formula³⁴

- ช่วง 24 ชั่วโมงแรกให้ LRS 1 ซีซี./กก./%burn ร่วมกับ colloids 1 ซีซี./กก./%burn ร่วมกับ glucose in water 2,000 mL
- ช่วง 24 ชั่วโมงต่อมาให้ LRS 0.5 ซีซี./กก./%burn ร่วมกับ colloids 0.5 ซีซี./กก./%burn ร่วมกับ glucose in water 2,000 mL

(ถ้าพื้นที่ผิวที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกมากกว่าร้อยละ 50 จะใช้พื้นที่ที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกที่ร้อยละ 50 มาคำนวณแทนนั้น)

Monafo formula²⁵

ใช้สารละลายที่ประกอบด้วย โซเดียม 240-300 mEq/L ใน 24 ชั่วโมงแรก (อาจใช้ LRS 1,000 ซีซี. ผสมกับ 7.5% NaHCO₃ 100 ซีซี) โดยปรับปริมาณสารน้ำให้ตามปริมาณปัสสาวะที่ออก

Modified hypertonic (Warden)³¹

LRS 1,000 ซีซี ผสมกับ 7.5 % NaHCO₃ 50 ซีซี (50 mEq) จะได้โซเดียม 180 mEq/L ใน 8 ชั่วโมง โดยปรับปริมาณสารน้ำให้ตามปริมาณปัสสาวะที่ออก 30-50 ซีซีต่อชั่วโมง

Dextran formula (Demling)^{4,24}

Dextran 40 ใน 0.9%NaCl 2 ซีซี./กก./ชม. ใน 8 ชั่วโมงแรก และใช้ LRS ปรับปริมาณสารน้ำให้ตามปริมาณปัสสาวะที่ออก 30 ซีซี.ต่อชั่วโมงและใช้ FFP 0.5 ซีซี./กก./ชม. หลังจากไฟไหม้น้ำร้อนลวก 8 ชั่วโมง

ความล้มเหลวในการแก้ไขภาวะช็อกในผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวก (Failure of burn shock resuscitation)

ในผู้ป่วยบางราย ภาวะช็อกยังคงเกิดขึ้นถึงแม้จะได้รับสารน้ำในปริมาณมากหรือแม้กระทั่งได้รับสารน้ำพวก HTS และ colloid แล้วก็ตาม ผู้ป่วยที่มีแนวโน้มที่จะเกิดความล้มเหลวในการแก้ไขภาวะช็อกได้แก่ ผู้ป่วยที่มีอายุมาก มีการบาดเจ็บต่อร่างกายมาก หลายระบบ ได้รับอุบัติเหตุจากถูกกระไฟฟ้าดูดร่วมด้วย มีการลำคอกว้างร่วมด้วย มีความล่าช้าในการได้รับสารน้ำ และมีโรคประจำตัวอื่นร่วมด้วย³⁵ ในผู้ป่วยเหล่านี้ความล้มเหลวในการแก้ไขภาวะช็อกจะเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตในระยะแรกได้

ในผู้ป่วยที่มีภาวะไฟไหม้น้ำร้อนลวกที่ไม่ตอบสนองต่อการให้สารน้ำการรักษาจะกระทำโดยการให้ plasma exchange ซึ่งจะช่วยให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้นได้³⁶ ข้อบ่งชี้ในการทำ plasma exchange ได้แก่ ongoing fluid requirement มากกว่า 2 เท่าที่คำนวณได้ตามสูตร Parkland ใหม่ๆ ที่มีการเปลี่ยนมาใช้ hypertonic lactate saline และ/หรือ colloid resuscitation

จะเห็นได้ว่าชนิดและสูตรของสารน้ำที่จะให้จะมีหลายสูตรด้วยกัน สูตรที่นิยมใช้ได้แก่ Parkland และ Modified Brook ที่ 2-4 ซีซี./กก./%burn โดยปริมาณสารน้ำที่คำนวณได้ จะให้ครึ่งหนึ่งในช่วง 8 ชั่วโมงแรกนับจากได้รับไฟไหม้น้ำร้อนลวกและอีกครึ่งหนึ่งให้ในอีก 16 ชั่วโมงต่อมา อย่างไรก็ตามพบว่าปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือการให้สารน้ำมากเกินไปโดยเฉพาะในช่วงเริ่มต้นของการรักษาและเกินภาวะน้ำเกิน ซึ่งสาเหตุมักเกิดจากการประเมิน

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสูตรที่ใช้ในการให้สารน้ำทดแทนในผู้ป่วยที่ได้รับอุบัติเหตุไฟไหม้น้ำร้อนลวกใน 24 ชั่วโมงแรก

สูตรการให้สารน้ำ	Crystalloid	Colloid
Crystalloid formula		
Modified Brooke	LRS 2 cc./kg./%burn	
Parkland	LRS 4 cc./kg./%burn	
Colloid formula		
Evans	NSS 1 cc./kg./%burn	1 cc./kg./%burn plus 2 L of 5% dextrose
Brooke	LRS 1.5 cc./kg./%burn	0.5 cc./kg./%burn plus 2 L of 5% dextrose
Dextran formula		
Demling	LRS to maintain urine output at 30 cc./kg./h.	1 st 8 hr. : Dextran 40 in NSS 2 cc./kg./h. Then FFP 0.5 cc./kg./h.
Hypertonic saline formula		
Monafo	240-300 mEq/L (LRS 1,000 cc plus 7.5% NaHCO ₃ 100 cc)	
Modified hypertonic (Warden)	1 st 8 hr. : LRS + NaHCO ₃ 50 mL (180 mEq Na/L) 8-24 hr. later : LRS to maintain urine output at 30-50 cc./kg./h.	

LRS, Lactate Ringer Solution; NSS, Sodium Chloride; FFP, Fresh frozen plasma

พื้นที่ผิวที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกมากเกินไปโดยแพทย์ทั่วไป การได้รับปริมาณสารน้ำมากเกินไปในช่วงของการส่งตัวผู้ป่วย โดยปัจจุบันทางสมาคมไฟไหม้น้ำร้อนลวกของอเมริกาจึงแนะนำการให้สารน้ำที่ LRS 2 ซีซี./กก./%burn และควรให้สารน้ำตั้งแต่ที่เกิดเหตุ (resuscitation at scene)³⁷

การพิจารณาใช้สูตรที่มี colloid หรือ hypertonic solution จะใช้ในรายที่ผู้ป่วยอายุมาก พื้นที่ผิวที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกมากกว่าร้อยละ 50 มีภาวะล้าลัควันไฟร่วมด้วย^{4,18} การพิจารณาให้ albumin จะให้ในผู้ป่วยที่มีตรวจเลือดพบว่ามียระดับ albumin ต่ำ (hypoalbuminemia)

สรุป

อุบัติเหตุไฟไหม้น้ำร้อนลวกเป็นภาวะที่พบได้บ่อย การรักษาที่ถูกต้องและรวดเร็วจะช่วยลดภาวะแทรกซ้อนและอัตราการเสียชีวิตลงได้ สิ่งที่สำคัญได้แก่การประเมินพื้นที่ผิวที่ถูกไฟไหม้น้ำร้อนลวกที่ถูกต้อง การเลือกใช้สารน้ำและปริมาณที่เหมาะสม การประเมินปริมาณน้ำสภาวะต่อชั่วโมงที่เพียงพอ การปรับเปลี่ยนปริมาณและสารน้ำ การเลือกใช้ colloid และ/หรือ hypertonic saline เพื่อแก้ไขภาวะช็อกได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

1. Young DM. Burn and electrical injury. In: Mathes SJ, ed. *Plastic Surgery*. 2nd ed. Philadelphia, PA: WB SaundersCo; 2006. p. 811-33.
2. Cioffi WG Jr, Vaughan GM, Heironimus JD, Jordan BS, Mason AD Jr, Pruitt BA Jr. Dissociation of blood volume and flow in regulation of salt and water balance in burn patients. *Ann Surg*. 1991;214(3):213-8; discussion 218-20.
3. Aulick LH, Wilmore DW, Mason AD Jr, Pruitt BA Jr. Influence of the burn wound on peripheral circulation in thermally injured patients. *Am J Physiol*. 1977;233(4):H520-6.
4. Demling RH. Fluid replacement in burned patients. *Surg Clin North Am*. 1987;67(1):15-30.
5. Lund T, Reed RK. Acute hemodynamic effects of thermal skin injury in the rat. *Circ Shock*. 1986;20(2):105-14.
6. Arturson G. Pathophysiological aspects of the burn syndrome with special reference to liver injury and alterations of capillary permeability. *Acta Chir Scand Suppl*. 1961;Suppl 274:1-135.
7. Leape IL. Kinetics of burn edema formation in primates. *Ann Surg*. 1972;176(2):223-6.
8. Demling RH, Mazess RB, Witt RM, Wolberg WH. The study of burn wound edema using dichromatic absorptiometry. *J Trauma*. 1978;18(2):124-8.

9. Settle JA. Fluid therapy in burns. *J R Soc Med.* 1982;75(Suppl 1):6-11.
10. Lund T, Wiig H, Reed RK. Acute postburn edema: role of strongly negative interstitial fluid pressure. *Am J Physiol.* 1988;255(5 Pt 2):H1069-74.
11. Cartotto R, Greenhalgh DG, Cancio C. Burn State of the Science: Fluid Resuscitation. *J Burn Care Res.* 2017;38(3):e596-e604.
12. Peeters Y, Lebeer M, Wise R, Malbrain ML. An overview on fluid resuscitation and resuscitation endpoints in burns: Past, present and future. Part 2 - avoiding complications by using the right endpoints with a new personalized protocolized approach. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2015;47(Spec No):s15-26.
13. Haberal M, Sakalliglu Abali AE, Karakayali H. Fluid management in major burn injuries. *Indian J Plast Surg.* 2010;43(Suppl):S29-36.
14. Koustova E, Stanton K, Gushchin V, Alam HB, Stegalkina S, Rhee PM. Effects of lactated Ringer's solutions on human leukocytes. *J Trauma.* 2002;52(5):872-8.
15. Cartotto R, Greenhalgh D. Colloids in Acute Burn Resuscitation. *Crit Care Clin.* 2016;32(4):507-23.
16. Goodwin CW, Dorethy J, Lam V, Pruitt BA Jr. Randomized trial of efficacy of crystalloid and colloid resuscitation on hemodynamic response and lung water following thermal injury. *Ann Surg.* 1983;197(5):520-31.
17. Pruitt BA Jr, Mason AD Jr, Moncrief JA. Hemodynamic changes in the early postburn patient: the influence of fluid administration and of a vasodilator (hydralazine). *J Trauma.* 1971;11(1):36-46.
18. Zdolsek M, Hahn RG, Sjöberg F, Zdolsek JH. Plasma volume expansion and capillary leakage of 20% albumin in burned patients and volunteers. *Crit Care.* 2020;24(1):191.
19. Eljaiek R, Heylbroeck C, Dubois MJ. Albumin administration for fluid resuscitation in burn patients: A systematic review and meta-analysis. *Burns.* 2017;43(1):17-24.
20. Navickis RJ, Greenhalgh DG, Wilkes MM. Albumin in Burn Shock Resuscitation: A Meta-Analysis of Controlled Clinical Studies. *J Burn Care Res.* 2016;37(3):e268-78.
21. Albumin Reviewers (Alderson P, Bunn F, Li Wan Po A, Li L, Blackhall K, Roberts I, Schierhout G). Human albumin solution for resuscitation and volume expansion in critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;(10):CD001208.
22. Wilkes MM, Navickis RJ. Patient survival after human albumin administration. A meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med.* 2001;135(3):149-64.
23. Demling RH, Kramer G, Harms B. Role of thermal injury-induced hypoproteinemia on fluid flux and protein permeability in burned and nonburned tissue. *Surgery.* 1984;95(2):136-44.
24. Demling RH, Kramer GC, Gunther R, Nerlich M. Effect of nonprotein colloid on postburn edema formation in soft tissues and lung. *Surgery.* 1984;95(5):593-602.
25. Monafó WW. The treatment of burn shock by the intravenous and oral administration of hypertonic lactated saline solution. *J Trauma.* 1970;10(7):575-86.
26. Pruitt BA Jr. Fluid resuscitation of burn patients: does clinical "success" necessitate "excess". *South Med J.* 1976;69(11):1399.
27. Bowser-Wallace BH, Caldwell FT Jr. A prospective analysis of hypertonic lactated saline v. Ringer's lactate-colloid for the resuscitation of severely burned children. *Burns Incl Therm Inj.* 1986;12(6):402-9.
28. Huang PP, Stucky FS, Dimick AR, Treat RC, Bessey PQ, Rue LW. Hypertonic sodium resuscitation is associated with renal failure and death. *Ann Surg.* 1995;221(5):543-54; discussion 554-7.
29. Oda J, Ueyama M, Yamashita K, Inoue T, Noborio M, Ode Y, et al. Hypertonic lactated saline resuscitation reduces the risk of abdominal compartment syndrome in severely burned patients. *J Trauma.* 2006;60(1):64-71.
30. Pruitt BA Jr. Does hypertonic burn resuscitation make a difference? *Crit Care Med.* 2000;28(1):277-8.
31. Warden GD. Burn shock resuscitation. *World J Surg.* 1992;16(1):16-23.
32. Baxter CR. Fluid volume and electrolyte changes of the early postburn period. *Clin Plast Surg.* 1974;1(4):693-703.
33. Reiss E, Stirmann Ja, Artz CP, Davis JH, Ampacher WH. Fluid and electrolyte balance in burns. *J Am Med Assoc.* 1953;152(14):1309-13.
34. Evans EI, Purnell OJ, Robinett PW, Batchelor A, Martin M. Fluid and electrolyte requirements in severe burns. *Ann Surg.* 1952;135(6):804-17.
35. Pruitt BA Jr. Fluid and electrolyte replacement in the burned patient. *Surg Clin North Am.* 1978;58(6):1291-312.
36. Warden GD, Stratta RJ, Saffle JR, Kravitz M, Ninnemann JL. Plasma exchange therapy in patients failing to resuscitate from burn shock. *J Trauma.* 1983;23(10):945-51.
37. Advanced burn life support provider manual 2018 update. Chicago, IL: American Burn Association; 2018.