27

บาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในเด็ก
(Burn in Pediatric Patients)

กษมา นิลประภา
ชีระ ถำรงค์ศิริ
อภิชัย อังสพัทธ์

บาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก (burn) เป็นบาดแผลที่พบบ่อยในประเทศกำลังพัฒนาและมีโอกาสเกิดภาวะทุพพลภาพได้สูง ทารกและเด็กเป็นกลุ่มผู้ป่วยที่ต้องให้ความสำคัญในการดูแลเป็นพิเศษ เนื่องจากมีพยาธิสรีรวิทยาต่างจากผู้ใหญ่ ผู้ป่วยเด็กที่มีบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกเป็นบริเวณกว้างมีความเสี่ยงสูงในการเกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิต (morbidity and mortality) จึงต้องได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดโดยการรับรักษาตัวไว้ในหอผู้ป่วยบาดแผลไฟไหม้

การดูแลเบื้องต้น (initial evaluation)

สิ่งแรกที่ควรปฏิบัติสำหรับผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บจากบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก คือ เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกจากพื้นที่เกิดเหตุ และทำการถอดเสื้อผ้า, เครื่องประดับ รวมทั้งสิ่งของที่ติดตัวกับผู้ป่วยออกให้หมดทันที เพื่อป้องกันความร้อนที่ส่งผ่านจากอุปกรณ์เหล่านั้น ควรหลีกเลี่ยงการราดหรือประคบน้ำเย็นเพื่อป้องกันการเกิดภาวะตัวเย็นเกิน (hypothermia) ในผู้ป่วยที่มีบาดแผลเป็นบริเวณกว้าง หลังจากหยุดกระบวนการลุกไหม้แล้ว ควรใช้ผ้าคลุมสะอาดปกคลุมบริเวณแผลเพื่อให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายและนำส่งโรงพยาบาลโดยเร็วที่สุด ในกรณีผู้ป่วยได้รับการบาดเจ็บจากสารเคมี ควรชำระล้างสารเคมีโดยใช้น้ำสะอาดปริมาณมาก ล้างอย่างน้อย 30 นาที แต่กรณีที่ผู้ป่วยสัมผัสสารเคมีที่เป็นลักษณะผงหรือแป้ง ควรปัดหรือสลัดออกให้หมดก่อน[1,2]

ในกรณีมีการบาดเจ็บจากการสูดสำลักควันไฟร้อน (inhalation injury) ควรให้ 100% ออกซิเจน และวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (pulse oximetry) ควรระมัดระวังในการแปลผลจากเครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดในผู้ป่วยที่มีระดับ carboxyhemoblobin ในเลือดสูง เนื่องจาก carboxyhemoglobin ดูดกลืนแสงที่

ความยาวคลื่นเดียวกันกับ oxyhemoglobin คือ ที่ 660 นาโนเมตร[3] ทำให้เครื่องวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดได้สูง ดังนั้นผู้ป่วยที่มีภาวะพิษจากแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide intoxication) อาจจำเป็นต้องใช้การวัดความอิ่มตัวของ carboxyhemoglobin (pulse CO-oximetry) โดยเฉพาะ ในการประเมินภาวะพิษจากแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ร่วมกับประเมินอาการทางคลินิก

หากตรวจร่างกายพบอาการหายใจเร็วผิดปกติ (tachypnea), หายใจเสียงดังฮี้ด (stridor) และมีเสียงแหบ (hoarseness) ร่วมด้วย เป็นอาการบ่งชี้ว่า มีทางเดินหายใจตีบแคบหรือบวม ควรพิจารณาใส่ท่อช่วยหายใจอย่างเร่งด่วน ในกรณีผู้ป่วยมีบาดแผลไฟไหม้ลึก (full thickness burn) รอบหน้าอก จะทำให้มีปัญหาในการเคลื่อนไหวของทรวงอกขณะหายใจได้ อาจจำเป็นต้องกรีดแผลที่ผิวหนัง (chest escharotomy) เพื่อให้ทรวงอกขยายได้โดยไม่ถูกแผลไฟไหม้ดึงรั้ง

ในกรณีที่ผู้ป่วยมีบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกบริเวณแขนขา ทำให้ไม่สามารถวัดความดันเลือดโดยใช้ปลอกแขนขาได้ จำเป็นต้องวัดความดันเลือดผ่านทางหลอดเลือดแดง (arterial line) โดยในเด็กมักวัดจากหลอดเลือดแดงที่ขา (femoral arterial line) มากกว่าที่แขน (radial arterial line) เนื่องจากแทงเส้นได้ง่ายกว่าและน่าเชื่อถือได้มากกว่า

ควรใส่สายสวนปัสสาวะเพื่อประเมินปริมาณปัสสาวะในผู้ป่วยที่มีบาดแผลเป็นบริเวณกว้าง ปริมาณปัสสาวะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเพียงพอของปริมาณสารน้ำที่ให้ แนะนำให้ใส่สายยางให้อาหาร (nasogastric tube) ในผู้ป่วยที่มีบาดแผลไฟไหม้รุนแรง เพื่อช่วยระบายลมจากภาวะลำไส้ไม่ทำงาน (ileus)[4]

การให้สารละลายทดแทน (resuscitation)

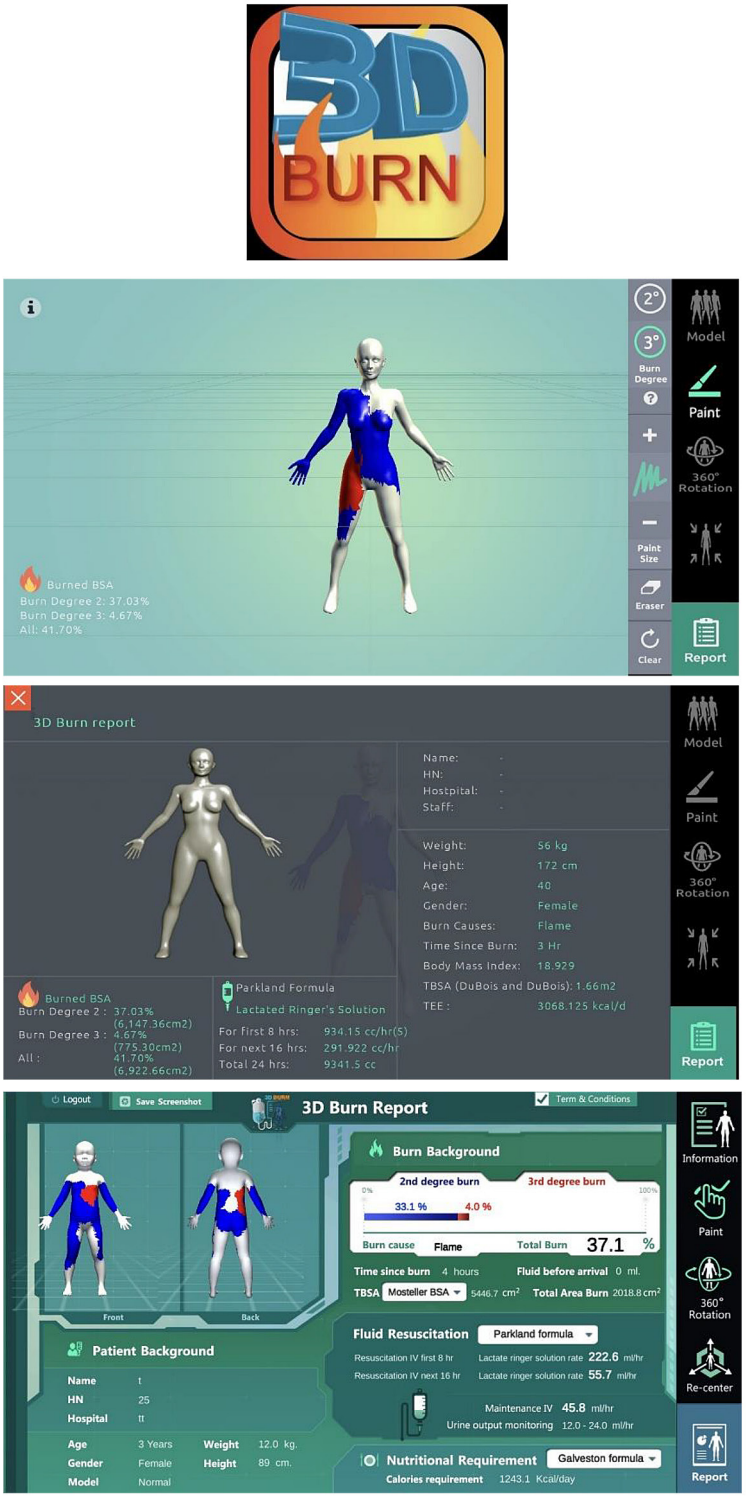
การให้สารละลายทดแทนในเด็กแตกต่างกับผู้ใหญ่ เนื่องจากมีความต่างกันในเชิงกายวิภาคและสรีรวิทยา ในผู้ป่วยเด็กจำเป็นต้องให้การรักษาด้วยความรวดเร็วและระมัดระวังเป็นอย่างมาก เนื่องจากเด็กมีปริมาณเลือดในระบบไหลเวียนน้อย การบาดเจ็บจากบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกรุนแรงจะเกิดการรั่วของน้ำออกจากหลอดเลือดฝอย (systemic capillary leakage) ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามขนาดความกว้างของบาดแผล การให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดควรทำอย่างรวดเร็ว หากช้าเกินไปอาจทำให้เกิดภาวะช็อกรุนแรง (profound shock)[5] ควรหาหลอดเลือดเพื่อให้สารละลายแม้ว่าจะต้องเจาะผ่านแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกก็ตาม หากหาหลอดเลือดดำส่วนปลายไม่ได้ จำเป็นจะต้องให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดดำส่วนกลาง (central venous access) ในกรณีผู้ป่วยเด็กได้รับบาดเจ็บจากบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกรุนแรง ควรเปิดหลอดเลือดด้วยเข็มขนาดใหญ่สองเส้น (two large-bore intravenous access) เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยได้รับสารละลายทันท่วงที และเพิ่มความปลอดภัยหากเส้นใดเส้นหนึ่งอุดตันหรือไม่สามารถให้สารละลายได้ตามปกติ

หากการให้สารละลายผ่านทางหลอดเลือดดำทำได้ยากมาก การให้สารละลายผ่านทางไขกระดูก (intraosseous access) เป็นอีกทางเลือกที่สามารถใช้ได้ในเด็กทุกช่วงอายุ (แต่เดิมแนะนำให้ในเด็กที่อายุน้อยกว่า 3 ปี) ผู้ป่วยเด็กสามารถ

ได้รับสารละลายมากกว่า 100 มล./ชม. ผ่านทางไขกระดูก การเจาะเข็มผ่านไขกระดูก (intramedullary access) ใช้เข็มเจาะไขกระดูกเบอร์ 16-18 หรือใช้เข็มสำหรับฉีดยาผ่านทางช่องไขสันหลัง (spinal needle) หรือเข็มที่ผลิตเพื่อให้สารละลายผ่านทางกระดูกโดยเฉพาะ นิยมเจาะบริเวณ proximal anterior tibia, medial malleolus, anterior iliac crest, distal femur ขณะเจาะให้ระวังการบาดเจ็บต่อกระดูกอ่อน (epiphysis) วิธีการเจาะโดยปักเข็มให้ตั้งฉากกับกระดูกหรือเฉียง 60 องศา ให้ปลายของเข็มวางไปตามความยาวของกระดูก และต้องแน่ใจว่าสามารถสอดเข็มเข้าไขกระดูกได้จริง จึงเริ่มให้สารละลายได้[6]

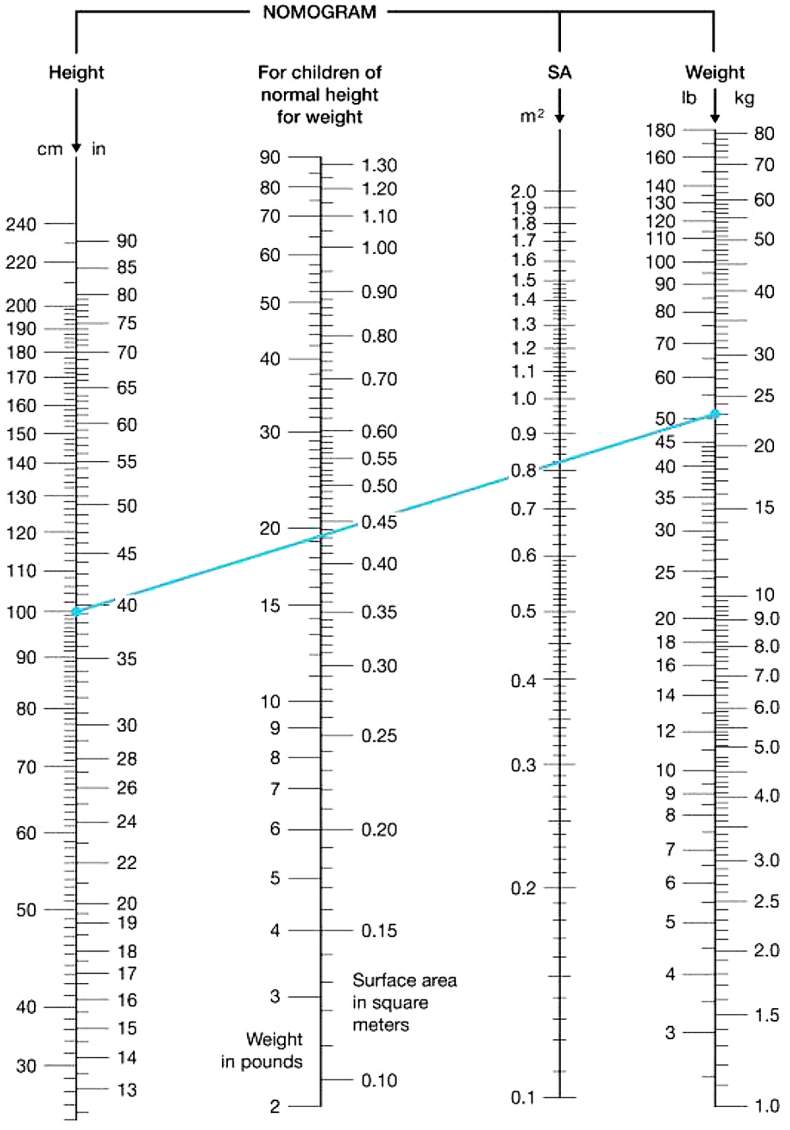
ผู้ป่วยเด็กที่มีบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกจะมีการสูญเสียสารน้ำในปริมาณมากกว่าผู้ใหญ่ เนื่องจากเด็กมีสัดส่วนพื้นที่ผิวกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าผู้ใหญ่และมีปริมาตรเลือดที่แตกต่างกัน ทารก (neonate) มีปริมาตรเลือดประมาณ 80-90 มล./กก. และประมาณ 80 มล./กก. ในเด็กปกติ (children) ส่วนผู้ใหญ่มีปริมาตรเลือดประมาณ 70 มล./กก. ขนาดของบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในผู้ใหญ่สามารถประเมินได้ตามหลักการของ rule of nines และอาจพอใช้หลักการนี้ได้ในเด็กวัยรุ่น แต่ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ประเมินในเด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนสูง เพราะในเด็กมีพื้นที่ผิวบริเวณศีรษะเป็นสัดส่วนมากกว่าเมื่อเทียบกับผู้ใหญ่ ในขณะที่บริเวณแขนขามีพื้นที่ผิวเป็นสัดส่วนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผู้ใหญ่ ในผู้ป่วยเด็กที่มีแผลไฟไหม้ไม่ใหญ่มากหรือเป็นบริเวณกระจัดกระจาย สามารถใช้วิธีการประเมินโดยใช้การวัด 1 ฝ่ามือของผู้ป่วยจะมีพื้นที่เท่ากับร้อยละ 1 ของพื้นที่ผิวของร่างกาย (rule of palms) อย่างไรก็ตามมีบางรายงานพบว่า วิธีนี้อาจประเมินพื้นที่ผิวได้มากกว่าความเป็นจริง เนื่องจากพื้นที่ผิวของฝ่ามือจะเทียบได้ประมาณร้อยละ 0.7-0.8 ของพื้นที่ผิวทั้งหมดของร่างกาย วิธีประเมินพื้นที่บาดแผลอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ คือ วิธีของลุนด์และบราวน์เดอร์ (Lund and Browder method) มีการแยกการประเมินตามช่วงอายุ เป็นวิธีที่ค่อนข้างแม่นยำโดยเฉพาะในเด็ก[7] แต่ใช้เวลามาก

จากวิธีต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาเป็นการประเมินในรูปแบบสองมิติ ทำให้พื้นที่บางส่วนไม่ได้รับการประเมินอย่างถูกต้อง เช่น พื้นที่ด้านข้างของลำตัว และไม่ได้แยกการประเมินตามเพศ, รูปร่าง, น้ำหนัก เช่น เต้านมในเพศหญิง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวของร่างกาย[8] และส่งผลให้มีการคำนวณการให้สารละลายทดแทนที่ไม่เหมาะสมตามผู้ป่วยแต่ละราย ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมคำนวณพื้นที่แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในโทรศัพท์เคลื่อนที่ (mobile application) สามารถดาวน์โหลดมาใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในชื่อ 3D Burn Resuscitation (รูปที่ 1) โดยใช้รูปร่างของคนไทยเป็นฐานข้อมูล ผู้ประเมินสามารถวาดพื้นที่แผลลงบนแบบจำลองรูปร่างผู้ป่วยแบบสามมิติ จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณปริมาณของพื้นที่ผิวซึ่งแสดงถึงพื้นที่ของแผลไฟไหม้เป็นร้อยละเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวทั้งหมดของผู้ป่วย เพื่อนำไปคำนวณการให้สารละลายทดแทนต่อไป ซึ่งโปรแกรมนี้ได้รับการทดสอบแล้วว่ามีความแม่นยำสูง แม้ผู้ประเมินเป็นบุคลากรทางการแพทย์ที่มีพื้นฐานต่างกัน ก็สามารถประเมินได้ผลที่แม่นยำไม่ต่างกัน[9,10] แต่เนื่องจาก 3D Burn Resuscitation ในขณะนี้ยังเป็นการประเมินพื้นที่แผลไฟไหม้สำหรับผู้ป่วยผู้ใหญ่ ทางกลุ่มผู้พัฒนาโปรแกรมกำลังวิจัยและพัฒนาแอปพลิเคชันรุ่นใหม่ที่ครอบคลุมผู้ป่วยเด็กด้วย



รูปที่ 1 โปรแกรมคำนวณพื้นที่แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในโทรศัพท์เคลื่อนที่ (ภาพจาก 3D Burn Resuscitation Mobile Application)

การคำนวณสารละลายในเด็กนอกจากใช้น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บาดแผลในการคำนวณแล้ว ยังมีการใช้พื้นที่ผิวกาย (body surface area, BSA) มาช่วยประเมินร่วมด้วย โดยสามารถหาพื้นที่ผิวกายได้จาก standard nomogram (รูปที่ 2) หรือใช้สูตรคำนวณ (ตารางที่ 1)



รูปที่ 2 การหาพื้นที่ผิวกายจาก standard nomogram (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิงที่ 4)

ตารางที่ 1 สูตรคำนวณพื้นที่ผิวกาย (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิงที่ 4)

Dubois formula	BSA (ตร.ม.) = ส่วนสูง (ซม.)$^{0.725}$ × น้ำหนัก (กก.)$^{0.425}$ × 0.007184
Jacobson formula	BSA (ตร.ม.) = [ส่วนสูง (ซม.) + น้ำหนัก (กก.) – 60]/100

BSA, body surface area

สูตรที่นิยมนำมาใช้คำนวณสารละลายทดแทน 24 ชั่วโมงแรกในเด็กมี 2 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 2

1. สูตรจาก Cincinnati Shriners Burns Hospital ที่อ้างอิงจากสูตรของ Parkland และเพิ่ม maintenance fluid เข้าไปโดยคำนวณจากพื้นที่ผิวของร่างกาย ในเด็กโตใช้สูตร lactated Ringer's ที่ 4 มล./กก./ร้อยละของพื้นที่แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก + 1,500 มล./ตร.ม. ของพื้นที่ผิวกาย (ครึ่งหนึ่งให้ใน 8 ชั่วโมงแรก และอีกครึ่งหนึ่งให้ใน 16 ชั่วโมงถัดไป) ในเด็กเล็กจะมีความซับซ้อนมากกว่า โดยใช้สูตรคำนวณเบื้องต้นเหมือนกัน คือ 4 มล./กก./ร้อยละของพื้นที่แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก + 1,500 มล./ตร.ม. ของพื้นที่ผิวกาย ใน 24 ชั่วโมง โดยใน 8 ชั่วโมงแรกมีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 50 มิลลิอีควิวาเลนท์ในสารละลาย ส่วนใน 8 ชั่วโมงถัดไปให้เฉพาะสารละลาย lactated Ringer's และใน 8 ชั่วโมงสุดท้ายมีการให้ 12.5 กรัมของ 25% แอลบูมินต่อลิตรเข้าไปด้วย[11]

2. สูตรจาก Galveston Shriners Burns Hospital คำนวณโดย 5,000 มล./ตร.ม. ของพื้นที่แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก + 2,000 มล./ตร.ม. ของพื้นที่ผิวกาย ใน 24 ชั่วโมงแรก ครึ่งหนึ่งให้ใน 8 ชั่วโมงแรก และอีกครึ่งหนึ่งให้ใน 16 ชั่วโมงถัดไป

ตารางที่ 2 สูตรคำนวณสารละลายทดแทนในเด็ก (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิงที่ 4)

Formula	การให้สารละลายในช่วง 24 ชั่วโมงแรก
Shriner's Cincinnati (for children)	LR: 4 มล./กก./%TBSA burn + 1,500 มล./ตร.ม. ของพื้นที่ผิวกาย โดยแบ่งให้ครึ่งหนึ่งใน 8 ชั่วโมงแรก และที่เหลือให้ใน 16 ชั่วโมงต่อมา (สำหรับเด็กโต) LR: 4 มล./กก./%TBSA burn + 1,500 มล./ตร.ม. ของพื้นที่ผิวกาย + โซเดียมไบคาร์บอเนต 50 มิลลิอีควิวาเลนท์ ใน 8 ชั่วโมงแรก และให้สารละลาย LR ใน 8 ชั่วโมงถัดมา ต่อจากนั้นให้ผสม 25% แอลบูมินปริมาณ 12.5 กรัมต่อสารละลาย LR 1 ลิตรสำหรับให้ใน 8 ชั่วโมงสุดท้าย (สำหรับเด็กเล็ก)
Galveston formula (for children)	LR: 5,000 มล./ตร.ม. ของ TBSA burn + 2,000 มล./ตร.ม. ของพื้นที่ผิวกาย โดยแบ่งให้ครึ่งหนึ่งใน 8 ชั่วโมงแรก และที่เหลือให้ใน 16 ชั่วโมงต่อมา

LR, lactated Ringer's solution; TBSA, total body surface area

อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบที่แน่ชัดว่าสูตรใดเหมาะสมมากกว่ากัน บางรายงานกล่าวว่า ถึงแม้สูตรของ Cinninnati เป็นการทดแทนสารละลายตามพยาธิกำเนิดที่เกิดขึ้นจริง แต่สูตรของ Galveston สามารถใช้ได้สะดวกกว่า และนำมาใช้วางแผนการรักษาได้ง่ายกว่า นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาที่ประเมินความถูกต้องของปริมาณของสารละลายที่ได้จากการคำนวณในการทดแทนการสูญเสียของน้ำและเกลือแร่ทางแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก

สำหรับการให้สารละลายหลังจาก 24 ชั่วโมงแรกและวันต่อมาจนกว่าแผลจะปิด ควรให้สารละลายตามการสูญเสียน้ำจากการระเหยผ่านแผล (evaporative loss) กับปริมาณสารน้ำเบื้องต้น (maintenance fluid) โดยคำนวณสารละลายที่ให้เท่ากับ 3,750 มล./ตร.ม. ของพื้นที่แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกหรือบริเวณที่แผลยังไม่ปิด (evaporated

fluid) + 1,500 มล./ตร.ม. ของพื้นที่ผิวกาย (maintenance fluid) หรือ [(35 + % TBSA burn) x พื้นที่ผิวกาย (ตร.ม.) x 24] + 1,500 มล./ตร.ม. ของพื้นที่ผิวกาย หากแผลเริ่มปิดค่า evaporated fluid ก็จะลดลงไปเรื่อย ๆ

ชนิดของสารละลายทดแทน ควรใช้สารละลายที่มีคุณสมบัติเป็น isotonic และทดแทนการสูญเสียเกลือแร่ต่าง ๆ ในเลือดผ่านบาดแผล สารละลาย lactate ringer's (LRS) เป็นสารละลายที่นิยมใช้มากที่สุดในช่วง 24 ชั่วโมงแรกที่ได้รับบาดเจ็บ เพราะมีปริมาณเกลือแร่ที่ใกล้เคียงกับที่สูญเสียผ่านบาดแผล นอกจากนี้ในทารกอายุน้อยกว่า 1 ปี ควรให้สารละลายที่มีน้ำตาล (dextrose solution) ในทางปฏิบัติจะให้ในส่วนของ maintenance fluid เพื่อป้องกันภาวะน้ำตาลต่ำในเลือด เนื่องจากเด็กยังมีความสามารถในการเก็บสะสมไกลโคเจนที่จำกัด (glycogen storage)[11] และต้องระวังภาวะโซเดียมต่ำในเลือด (hyponatremia) ในทารกอายุต่ำกว่า 1 ปีเช่นกัน เนื่องจากเด็กเล็กสามารถขับโซเดียมออกทางปัสสาวะได้มากกว่าเด็กโตหรือผู้ใหญ่ ภาวะขาดสมดุลของเกลือแร่อื่น ๆ ในเด็กที่อาจพบได้ เช่น ภาวะโพแทสเซียมต่ำในเลือด (hypokalemia), ภาวะฟอสเฟตต่ำในเลือด (hypophosphatemia), ภาวะแคลเซียมต่ำในเลือด (hypocalcemia), ภาวะแมกนีเซียมต่ำในเลือด (hypomagnesemia) จึงจำเป็นต้องมีการติดตามระดับเกลือแร่ในเลือดเป็นระยะ เพื่อให้แก้ไขได้ทันท่วงที[4]

ในเด็กอาจตรวจไม่พบอาการแสดงของภาวะสารน้ำในหลอดเลือดต่ำ เนื่องจากร่างกายสามารถปรับสมดุลทางสรีรวิทยาได้บางส่วนจนกว่าจะมีการสูญเสียน้ำไปอย่างน้อยร้อยละ 25 ของปริมาตรเลือดทั้งหมดในร่างกาย (total blood volume) ร่างกายจึงจะเกิดภาวะไม่คงที่ของระบบไหลเวียนเลือด (hemodynamic decompensation) อย่างเฉียบพลัน ดังนั้นการประเมินความเพียงพอของปริมาณน้ำในหลอดเลือดในผู้ป่วยเด็ก ควรประเมินจากหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนแปลงของสีผิวหนังที่ปลายมือปลายเท้า (distal extremity color), การคืนกลับของเลือดในหลอดเลือดฝอย (capillary refill), ความดันชีพจร (pulse pressure) และระดับความรู้สึกตัวของผู้ป่วย (mental status) โดยการคืนกลับของเลือดในหลอดเลือดฝอย ถือเป็นตัวชี้วัดที่ดีในการประเมินปริมาณสารน้ำ (volume status) หากพบว่ามีการคืนกลับของเลือดในหลอดเลือดฝอยช้าลง (delayed capillary refill) จะถือเป็นสัญญาณอันตราย ถ้าเด็กมีความดันเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจปกติแต่พบว่ามีปลายมือปลายเท้าเย็นซีด มีการคืนกลับของเลือดในหลอดเลือดฝอยช้าให้ พึงระวังว่าอาจเกิดภาวะช็อกได้ ในเด็กกลุ่มนี้อาจต้องประเมินภาวะการไหลเวียนเลือดด้วยการวัดค่ากรดด่างในเลือดแดง (arterial pH), ค่าเบสที่ขาด (base deficit) และการคั่งของกรดแล็กติก (lactic acid) ร่วมด้วย หากตรวจพบค่า base deficit หรือระดับกรดแล็กติกในเลือดลดลง เป็นสัญญาณที่บ่งบอกว่าการให้สารละลายทดแทนได้ผลดี[12]

การปรับสมดุลน้ำในร่างกายโดยไตในเด็กเล็กยังพัฒนาไม่เต็มที่ จึงทำให้ยังคงมีการขับปัสสาวะออกมาแม้ว่าขณะนั้นมีปริมาณสารน้ำในหลอดเลือดต่ำ โดยทั่วไปปริมาณปัสสาวะเป็นตัวชี้วัดที่ดีว่า ผู้ป่วยได้สารละลายทดแทนเพียงพอแล้วหรือไม่ สำหรับในผู้ป่วยเด็กควรให้สารละลายรักษาให้ปริมาณปัสสาวะอยู่ที่ 1 มล./กก./ชม. และ 2 มล./กก./ชม. ในทารก การให้สารละลายควรพิจารณาให้ในปริมาณที่เหมาะสมตามขนาดของเด็ก และไม่ควรให้เกินร้อยละ 25 ของปริมาตรเลือดทั้งหมด หลีกเลี่ยงการให้สารละลายทดแทนมากเกินไปจนเกิดภาวะปริมาตรน้ำเกิน (volume overload) อาจนำไปสู่การเกิดภาวะหัวใจล้มเหลว (congestive heart failure), น้ำท่วมปอด (pulmonary edema), ความดันในช่องท้องสูง (abdominal compartment syndrome) และสมองบวม (cerebral edema) ได้

การประเมินทางเดินหายใจ (evaluation of airways)

การที่ทางเดินหายใจบวมหรือมีเลือดออกถือเป็นภาวะฉุกเฉินที่ทำให้ใส่ท่อช่วยหายใจได้ยาก ดังนั้นการใส่ท่อช่วยหายใจตั้งแต่แรก (early intubation) ในเด็กที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดทางเดินหายใจอุดกั้น เป็นสิ่งที่ควรพิจารณากระทำก่อน โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่จำเป็นต้องส่งตัวไปรักษาต่อในระยะไกล อาจพิจารณาใส่ท่อช่วยหายใจในขณะที่ทำการส่องกล้องทางเดินหายใจ (bronchoscopy) การประเมินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดลมในเด็กอาจประเมินได้จากขนาดความกว้างของนิ้วก้อยของผู้ป่วยเด็ก หรือประเมินจากสูตรคำนวณ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลอดลม = (อายุ + 16) ÷ 4 หรือใช้ Broselow pediatric emergency tape[13]

การดูแลด้านโภชนาการ (nutrition support)

การดูแลด้านโภชนาการเป็นส่วนสำคัญในการรักษาผู้ป่วยที่มีบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในเด็ก ตั้งแต่ที่เริ่มบาดเจ็บ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีบาดแผลขนาดใหญ่ เพื่อชดเชยภาวะเมแทบอลิซึมที่สูงขึ้น (hypermetabolism) ควรให้สารอาหารทางสายยางทันทีที่ผู้ป่วยสามารถรับได้ (early enteral feeding) เนื่องจากช่วยรักษาสมดุลของเยื่อบุทางเดินอาหาร (gut mucosal integrity), กระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ และเพิ่มเลือดไปเลี้ยงลำไส้ได้ดีขึ้น[14]

ปริมาณแคลอรีที่ต้องการในผู้ป่วยบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก คำนวณจากขนาดพื้นที่ของบาดแผลและพื้นที่ผิวกาย ซึ่งสูตรที่นิยมใช้ คือ Galveston และ Modified Curreri[15,16] (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณแคลอรีที่ต้องการในผู้ป่วยบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในเด็ก (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิงที่ 15,16)

	อายุ (ปี)	ปริมาณแคลอรีที่ต้องการ (กิโลแคลอรี)
Curreri junior	<1	BMR + (15 × % burn)
	1–3	BMR + (25 × % burn)
	4–15	BMR + (40 × % burn)
Galveston infant	0–1	2,100 กิโลแคลอรี/ตร.ม. BSA + 1,000 กิโลแคลอรี/ตร.ม. BSA burn
Galveston revised	1–11	1,800 กิโลแคลอรีl/ตร.ม. BSA+ 1,300 กิโลแคลอรี/ตร.ม. BSA burn
Galveston adolescent	12+	1,500 กิโลแคลอรี/ตร.ม. BSA+ 1,500 กิโลแคลอรี/ตร.ม. BSA burn

BMR, basal metabolic rate; BSA, body surface area

มีรายงานพบการสลายของโปรตีนเพิ่มขึ้นต่อเนื่องนานถึง 9 เดือนหลังจากผู้ป่วยได้รับบาดเจ็บจากบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกขนาดใหญ่ ทำให้เกิดภาวะการเจริญเติบโตช้า (growth delay) และเกิดภาวะกระดูกบาง (osteopenia) ได้นานถึง 2 ปี แม้จะได้รับสารอาหารที่เพียงพอ การให้ propranolol และ oxandrolone พบว่าทำให้ภาวะ

การเจริญเติบโตช้าในเด็กดีขึ้น[17] oxandrolone ให้รับประทานในขนาด 0.1 มก./กก. วันละสองครั้ง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสังเคราะห์โปรตีนและเพิ่มการแสดงออกของยีน (anabolic gene expression) ในกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังเพิ่มมวลน้ำหนักตัวโดยไม่รวมน้ำหนักไขมัน (lean body mass) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 6 เดือน, 9 เดือน และ 1 ปี หลังจากได้รับบาดเจ็บ[18]

การป้องกันการติดเชื้อ (management of infection)[19,20]

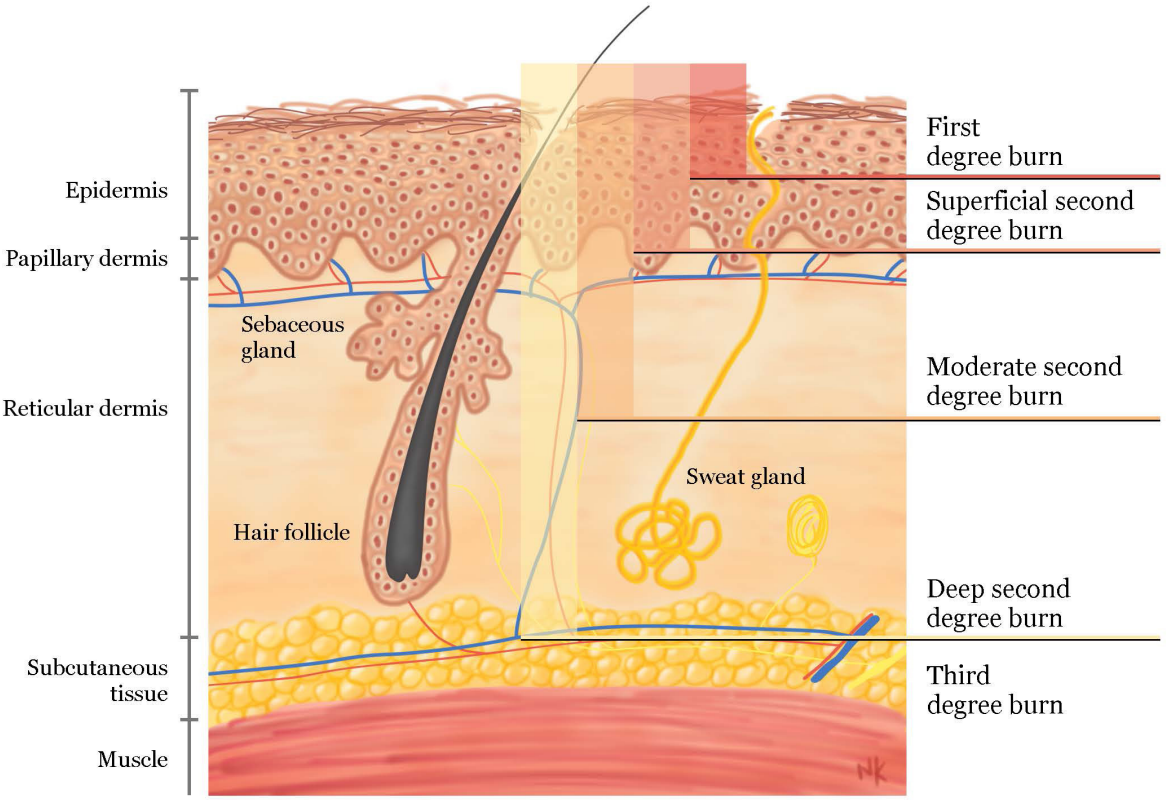
การติดเชื้อในกระแสเลือด (systemic infection) เป็นสาเหตุการตายที่สำคัญที่สุดของผู้ป่วยบาดเจ็บจากบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกขั้นรุนแรงในกรณีไม่มีการบาดเจ็บจากการสูดสำลักควันไฟร่วมด้วย ปัจจัยเสี่ยงเกิดจากหลายประการ ได้แก่ การติดเชื้อจากบาดแผล, ภาวะภูมิคุ้มกันของร่างกายลดต่ำลงจากการบาดเจ็บรุนแรง, เชื้อโรคที่มีความรุนแรงสูง, การติดเชื้อจากอุปกรณ์ที่สอดใส่สู่ร่างกาย เช่น ท่อทางเดินหายใจ (endotracheal tube), สายสวนปัสสาวะ (bladder catheter), สายสวนหลอดเลือด (intravascular catheter) เป็นต้น เพื่อลดการติดเชื้อในกระแสเลือดจากอุปกรณ์เหล่านี้ จึงควรถอดออกให้เร็วที่สุดเมื่อหมดความจำเป็น

เนื่องจากผู้ป่วยเหล่านี้อยู่ในภาวะภูมิคุ้มกันต่ำลง (immunocompromised) ร่วมกับภาวะเมแทบอลิซึมที่สูงขึ้น จึงอาจพบอาการและอาการแสดงของการติดเชื้อต่างจากผู้ป่วยในกรณีอื่น การเฝ้าดูอาการทางคลินิกอย่างระมัดระวังร่วมกับการติดตามผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการวินิจฉัยการติดเชื้อในกระแสเลือดในระยะแรกได้ สิ่งที่อาจตรวจพบ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของบาดแผลที่มีการอักเสบเพิ่มขึ้น, ความดันเลือดลดต่ำลงโดยไม่ทราบสาเหตุ, หายใจเร็ว, ไข้สูงขึ้นอย่างชัดเจน, ท้องอืด (ileus), ระดับความรู้สึกตัวเปลี่ยนไป, เกล็ดเลือดต่ำ (thrombocytopenia), ระดับน้ำตาลในเลือดสูงหรือต่ำกว่าปกติ (hyperglycemia หรือ hypoglycemia), ภาวะพร่องออกซิเจน (hypoxia), ภาวะตัวเย็นเกิน (hypothermia), ปัสสาวะออกลดลง, จำนวนเม็ดเลือดขาวในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและในบางครั้งพบภาวะเม็ดเลือดขาวต่ำ (leukopenia)

การให้ยาปฏิชีวนะเพื่อป้องกันการติดเชื้อ (prophylactic antibiotic) ในผู้ป่วยบาดเจ็บจากแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกไม่พบว่ามีประโยชน์ และอาจทำให้เกิดปัญหาเชื้อดื้อยาตามมา แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในช่วงแรกเป็นแผลที่ปราศจากเชื้อจากการถูกเผาไหม้ด้วยความร้อน การศึกษาวิจัยส่วนใหญ่พบว่า ไม่มีความจำเป็นในการให้ยาปฏิชีวนะเพื่อป้องกันการติดเชื้อ (systemic antibiotic) จึงพิจารณาให้ยาปฏิชีวนะเฉพาะในกรณีที่ผู้ป่วยมีลักษณะของการติดเชื้อที่ชัดเจน หรือผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บอื่นร่วมด้วย เช่น มีบาดแผลแทงทะลุ หรือบาดแผลสกปรกมีสิ่งแปลกปลอมปนเปื้อนปริมาณมากจากบริเวณที่เกิดเหตุ[21,22]

การดูแลบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก (management of burn wound)[4,23]

เป้าหมายของการดูแลรักษาผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวก คือ การทำให้บาดแผลของผู้ป่วยหายเร็วที่สุดโดยปราศจากการติดเชื้อ โดยแบ่งระดับความลึกของบาดแผลตามความลึกของชั้นผิวหนังที่ถูกทำลาย[24] (รูปที่ 3) ดังนี้



รูปที่ 3 จุลกายวิภาคของผิวหนังที่เกี่ยวเนื่องกับระดับความลึกของบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก

1. **บาดแผลระดับที่ 1 (first degree burn)** ผิวหนังถูกทำลายเฉพาะชั้นบนของหนังกำพร้า (epidermis) ซึ่งระดับนี้จะไม่เกิดบาดแผลขึ้น เป็นเพียงรอยแดง และไม่นับรวมอยู่ในการคำนวณพื้นที่ผิวหนังที่บาดเจ็บ

2. **บาดแผลระดับที่ 2 (second degree burn, partial-thickness burn)** มีการทำลายบางส่วนของชั้นหนังแท้ (dermis) แต่ยังมีส่วนของหนังแท้เหลืออยู่ บาดแผลชนิดนี้มักหายได้ เป้าหมายการรักษาแผลชนิดนี้ คือ การป้องกันการติดเชื้อ และจัดสภาพแวดล้อมของบาดแผลให้เอื้ออำนวยต่อการหายของแผล สามารถแบ่งย่อยแผลชนิดนี้ออกเป็น 2 ชนิด

   2.1. **Superficial second degree burn** บาดแผลลึกถึงชั้นระหว่าง papillary dermis และ reticular dermis ลักษณะของแผลมักมีถุงน้ำเกิดขึ้น เมื่อลอกออกจะพบพื้นบาดแผลสีชมพูและมีอาการเจ็บมาก เนื่องจากเส้นประสาทบริเวณผิวหนังยังไม่ถูกทำลาย หนังแท้ชั้นบนที่ถูกทำลายยังเหลือ skin appendage เช่น รากผม (hair follicle), ต่อมไขมัน (sebaceous gland) และต่อมเหงื่อ (sweat gland) เซลล์ต้นกำเนิดผิวหนังที่อยู่ในต่อมเหล่านี้จะมีการเจริญของเยื่อบุผิวมาทดแทน (epithelialization) ภายใน 2 สัปดาห์ เมื่อผิวหนังส่วนบนที่ตายลอกออก จะพบผิวหนังใหม่ที่มีคุณภาพดีเกือบเหมือนปกติทำให้เกิดแผลเป็นน้อย หรือไม่มีแผลเป็นเลย

2.2. Deep second degree burn บาดแผลลึกถึงชั้น reticular dermis และบริเวณ dermis-fat interface ลักษณแผลมักจะมีสีชีด, แห้ง, ไม่ค่อยมีความเจ็บปวด เนื่องจากยังมีส่วนประกอบของผิวหนังเหลืออยู่บ้าง (skin apparatus) การหายเองของแผลสามารถเกิดขึ้นได้แต่เป็นไปได้ช้ามากอาจจะถึง 3 สัปดาห์หรือมากกว่า และมักจะตามมาด้วยแผลเป็นนูน (hypertrophic scar) และหดรั้ง บางครั้งอาจจำเป็นต้องตัดออกและทำการปลูกถ่ายผิวหนัง (excision and skin grafting)

3. บาดแผลระดับที่ 3 (third degree burn, full-thickness burn) หนังแท้ทั้งหมดถูกทำลาย ไม่มี skin appendage ของผิวหนังเหลืออยู่เลย ผิวหนังบริเวณนั้นจะมีลักษณะแห้ง แข็ง มีสีดำเหมือนหนังแห้ง บางครั้งอาจเป็นลักษณะใสและเห็นหลอดเลือด เนื่องจากเส้นประสาทที่บริเวณชั้นหนังแท้ถูกทำลายหมด ทำให้ไม่มีความรู้สึกเจ็บปวดแผล การรักษาแผลชนิดนี้ควรตัดผิวหนังที่ถูกทำลายออกทั้งหมดและทำการปลูกถ่ายผิวหนัง (early excision and grafting)

การประเมินความลึกของบาดแผลกรณีบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกอาจทำได้ยากในช่วงที่ได้รับบาดเจ็บใหม่ ๆ เนื่องจากบาดแผลมีทั้ง superficial และ deep partial-thickness burn รวมทั้ง full-thickness burn ที่แยกจากกันได้ยาก ในผู้ป่วยเด็กเล็กที่ยังไม่สามารถประเมินความลึกของบาดแผลได้แน่ชัด และมีขนาดพื้นที่บาดแผลน้อยกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่ผิวกาย สามารถให้การรักษาแบบประคับประคองไปก่อน (delayed surgical intervention) ได้ประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้เห็นขอบเขตของแผลที่ชัดเจนในกรณีแผลลึก และเมื่อแผลที่ตื้นจะหายเป็นปกติแล้วจะทำให้ขนาดของบาดแผลที่จำเป็นต้องตัดออกจริง ๆ มีขนาดเล็กลง ช่วยลดการเสียเลือดระหว่างผ่าตัด

โดยทั่วไปในผู้ป่วย partial-thickness burn จะรักษาด้วยการใช้ยาปฏิชีวนะทาภายนอก (topical anti-microbial agent) เช่น silver sulfadiazine แต่จำเป็นต้องทำความสะอาดแผลหลายครั้ง ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกเจ็บปวดขณะทำแผลโดยเฉพาะในเด็ก การใช้ Biobrane® ซึ่งประกอบด้วยแผ่นซิลิโคนและคอลลาเจนของวัว (bovine collagen) ในการรักษา partial-thinkness burn ที่มีขนาดพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของพื้นที่ผิวกาย มีความปลอดภัยในเด็กและทารก มีการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ภายใน 48 ชั่วโมงหลังได้รับการบาดเจ็บ อัตราการติดเชื้อไม่แตกต่างกับการรักษาโดยใช้ยาปฏิชีวนะชนิดทา อีกทั้งยังมีข้อดี คือ ปวดน้อยกว่า, ลดระยะเวลาการนอนโรงพยาบาล, แผลหายเร็วกว่า แต่วัสดุปิดแผลดังกล่าวยังมีราคาค่อนข้างแพง นอกจากนี้สามารถใช้วัสดุปิดแผลอื่นที่มียาปฏิชีวนะ (silver-based dressing) เช่น Acticoat, Aquacel Ag, Mepilex Ag สามารถปิดแผลไว้ได้หลายวันโดยไม่ต้องทำแผล ช่วยลดความถี่ในการทำแผล และลดอาการเจ็บปวด

หากแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกเป็นบริเวณกว้างมาก อาจจำเป็นต้องใช้วัสดุทำแผลชีวภาพ เช่น ผิวหนังมนุษย์ (allograft) หรือผิวหนังสัตว์ (xenograft) ช่วยในการทำแผล เพื่อลดความถี่ในการทำแผล มีการศึกษาเปรียบเทียบการทำแผลด้วย allograft skin กับการใช้ยาปฏิชีวนะชนิดทาในบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกที่มากกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่ผิวกายและยังไม่แน่ใจความลึกของแผล พบว่าการใช้ allograft skin แผลหายเร็วกว่าและมีความเจ็บปวดน้อยกว่า ผลการศึกษาในผู้ป่วยที่มีบาดแผลมากกว่าร้อยละ 40 ของพื้นที่ผิวกาย พบว่ายังสามารถลดระยะเวลาการนอนโรงพยาบาล

ได้อย่างมีนัยสำคัญ การใช้ allograft ยังเป็นการทำแผลเพื่อรอให้แผลบางส่วนหายและนำผิวหนังส่วนนี้ (donor site) ไปใช้สำหรับการปลูกถ่ายผิวหนังให้กับแผลบริเวณที่ไม่สามารถหายเองได้

การเพาะเลี้ยงเซลล์ผิวหนัง (cultured epidermal autografts, CEA) อาจจำเป็นต้องทำในผู้ป่วยที่มีแผลไฟไหม้ขนาดใหญ่มากจนไม่มีผิวหนังเหลือที่จะเป็น donor site ได้เพียงพอ แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่ได้เป็นวิธีที่ดีนักโดยเฉพาะในแง่ของความคุ้มค่า (cost-effective) ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาโดยการเพาะเลี้ยงเซลล์ผิวหนัง มีค่าใช้จ่ายในโรงพยาบาลที่สูง, ระยะเวลาการนอนโรงพยาบาลนาน และต้องได้รับการผ่าตัดซ้ำมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาแบบการปลูกถ่ายผิวหนังของตนเองแบบดั้งเดิม

การดูแลความเจ็บปวด (pain management)[4]

การดูแลความเจ็บปวดในเด็กแตกต่างกันในผู้ป่วยแต่ละราย ผู้ป่วยอาจไม่สามารถสื่อสารถึงความเจ็บปวดได้เนื่องจากการบาดเจ็บและจากการรักษา แพทย์จึงต้องประเมินตามพฤติกรรมหรือท่าทางที่สังเกตเห็นเท่านั้น ผู้ป่วยเหล่านี้มีความเสี่ยงที่จะได้รับการดูแลความเจ็บปวดที่ไม่เหมาะสมเพียงพอ การให้ยาลดปวดในการบาดเจ็บช่วงแรก คือ การให้ยาแก้ปวดทางหลอดเลือด มีรายงานพบว่ากระบวนการเมแทบอลิซึมของยาแก้ปวดกลุ่ม non-opioid มีการเปลี่ยนแปลงไปหลังการบาดเจ็บจากไฟไหม้น้ำร้อนลวก กลุ่มยาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเภสัชจนลศาสตร์ (pharmacokinetic) หลังการบาดเจ็บจากไฟไหม้น้ำร้อนลวก คือ morphine sulfate และ lorazepam แต่มีรายงานการเพิ่มขึ้นของอัตราการกำจัดยา (clearance rate) ในผู้ป่วยที่มีบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกมากกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ผิวกาย

Morphine sulfate และ fentanyl เป็นยาที่นิยมใช้ระงับความเจ็บปวดในผู้ป่วยเด็กที่บาดเจ็บจากไฟไหม้น้ำร้อนลวก เนื่องจากมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพดี อย่างไรก็ตามไม่แนะนำให้ใช้ยาแก้ปวดทางหลอดเลือดเป็นประจำ

สรุป

การรักษาบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในเด็กมีความแตกต่างจากผู้ใหญ่ในหลายด้าน จำเป็นต้องมีการรักษาแบบสหสาขาวิชา (multidisciplinary approach) บาดแผลไฟไหม้ยังอาจนำมาซึ่งความพิการและทุพพลภาพแก่เด็กผู้นั้น การป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้น้ำร้อนลวกเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการลดการบาดเจ็บ, ความพิการ และการเสียชีวิต การให้ความรู้และแนวทางการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุแก่ผู้ปกครอง สามารถลดจำนวนผู้ป่วยบาดแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกในเด็กลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

1. Baartmans MGA, de Jong AEE, van Baar ME, et al. Early management in children with burns: Cooling, wound care and pain management. Burns 2016; 42: 777-82.
2. Walker A, Baumber R, Robson B. Pre-hospital management of burns by the UK fire service. Emerg Med J 2005; 22: 205-8.
3. Allison K, Porter K. Consensus on the pre-hospital approach to burns patient management. Accid Emerg Nurs 2004; 12: 53-7.
4. Nunez Lopez O, Norbury WB, Herndon DN, Lee JO. Special considerations of age: The pediatric burned patient. In: Herndon DN, editor. Total Burn Care. 5th ed. Edinburgh: Elsevier; 2018. p. 372-80.
5. Wolf SE, Rose JK, Desai MH, Mileski JP, Barrow RE, Herndon DN. Mortality determinants in massive pediatric burns. An analysis of 103 children with > or = 80% TBSA burns (> or = 70% full-thickness). Ann Surg 1997; 225: 554-65.
6. Dornhofer P, Kellar JZ. Interosseous Vascular Access. In: StatPearls [internet]. Tresure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554373/
7. Grunwald TB, Garner WL. Acute burns. Plast Reconstr Surg 2008; 121: 311-9e.
8. Hidvegi N, Nduka C, Myers S, Dziewulski P. Estimation of breast burn size. Plast Reconstr Surg 2004; 113: 1591-7.
9. ธนะสิทธิ์ ก้างกอน, ชยาโมท ชยางศุ, อภิชัย อังสพัทธ์. เปรียบเทียบการประเมินพื้นที่แผลไฟไหม้โดยโปรแกรมสามมิติ Thai 3D Burn กับการใช้วิธีแบบดั้งเดิม. วารสารแผลไหม้และสมานแผลแห่งประเทศไทย 2560; 1: 16-27.
10. Cheah AKW, Kangkorn T, Tan EH, Loo ML, Chong SJ. The validation study on a three-dimentional burn estimation smart-phone application: Accurate, free and fast? Burns Trauma 2018; 6: 1-6.
11. Romanowski KS, Palmieri TL. Pediatric burn resuscitation: Past, present, and future. Burns Trauma 2017; 5: 1-9.
12. Ranjit S, Aram G, Kissoon N, et al. Multimodal monitoring for hemodynamic categorization and management of pediatric septic shock: A pilot observational study. Pediatr Crit Care Med 2014; 15: e17-26.
13. Phipps LM, Thomas NJ, Gilmore RK, et al. Prospective assessment of guidelines for determining appropriate depth of endotracheal tube placement in children. Pediatr Crit Cate Med 2005; 6: 519-22.
14. Mochizuki H, Trocki O, Dominioni L, Brackett KA, Joffe SN, Alexander JW. Mechanism of prevention of postburn hypermetabolism and catabolism by early enteral feeding. Ann Surg 1984; 200: 297-310.
15. Hildreth MA, Herndon DN, Desai MH, Broemeling LD. Caloric requirements of patients with burns under one year of age. J Burn Care Rehabil 1993; 14: 108-12.
16. Hildreth MA, Herndon DN, Desai MH, Broemeling LD. Current treatment reduces calories required to maintain weight in pediatric patients with burns. J Burn Care Rehabil 1990; 11; 405-9.
17. Herndon DN, Voigt CD, Capek KD, et al. Reversal of growth arrest with the combined administration of oxandrolone and propranolol in severely burned children. Ann Surg 2016; 264: 421-8.
18. Jeschke MG, Finnerty CC, Suman OE, Kulp G, Mlcak RP, Herndon DN. The effect of oxandrolone on the endocrinologic, inflammatory and hypermetabolic responses during the acute phase postburn. Ann Surg 2007; 246: 351-60.
19. Yowler CJ, Fratianne RB. Current status of burn resuscitation. Clin Plast Surg 2000; 27: 1-10.
20. Gibran NS, Heimbach DM. Current status of burn wound pathophysiology. Clin Plast Surg 2000; 27: 11-22.

21. White CE, Renz EM. Advances in surgical care: management of severe burn injury. Crit Care Med 2008; 36(7 Suppl): S318-24.

22. Enoch S, Roshan A, Shah M. Emergency and early management of burns and scalds. BMJ 2009; 338: b1037.

23. Salisbury RE. Thermal Burns. In: McCarthy JG, ed. Plastic Surgery. 1st ed. Philadelphia: W.B. Sanders; 1990. p. 787-813.

24. Abdel-Sayed P, Michetti M, Scaletta C, et al. Cell therapies for skin regeneration: An overview of 40 years of experience in burn units. Swiss Med Wkly 2019; 149: 1-7.