

熱傷治療（総説） New Engl J Med, June 13, 2019

「僻地で世界最先端」西伊豆健育会病院 早朝カンファ 令和元年 6 月 仲田和正

Management of Burns (Review Article)

著者 David G. Greenhalgh, M.D.

The Shriners Hospitals for Children Northern California, The Firefighters Burn Institute Regional Burn Center and the Department of Surgery, University of California

NEJM、June13, 2019 に熱傷治療の総説がありました。小生、知らないことばかりで大変勉強になりましたのでまとめてみました。

小児は熱い物に触れると手を引っ込めないで固まる（freeze）とか、1 度から 3 度熱傷の見た目での鑑別方法、皮膚角化細胞の遊走はせいぜい 1-2 cm 以内、表皮化に 2-3 週以上かかる熱傷は瘢痕収縮するので皮膚移植する、などこの総説を読んで初めて知りました。

熱傷治療（総説）NEJM, June13,2019 の最重要点は下記 19 です。

- ・ 43.5 度以上で熱傷起こる。小児は熱い物に触れて固まる（freeze）ことあり！
- ・ 1 歳未満、75 歳以上は皮膚薄く深い熱傷になる。
- ・ 気道熱傷は 40%以上・頭・口熱傷、煙吸入、嘔声、意識低下時。喉頭・気管支鏡を。
- ・ 炎は低酸素、煙は CO 中毒(COHb 測定)。否定まで 100%酸素投与！シアン中毒稀。
- ・ Adicosis 長引く時はポリマーによるシアン中毒考慮、フルスシ（VB12）,デトキソールで拮抗。
- ・ ARDS は TV6ml/kg, pH>7.3,SO₂88-95%,Plateau 圧<30cmH₂O,PEEP>12cm 水柱。
- ・ 胸腹部全周熱傷は 12-18h で compartment 症候群発症、センターで焼痂切開！
- ・ 熱傷面積は成人 9 の法則、小児 Lund-Browder chart、初期輸液量決定し尿量で調整。
- ・ LR4ml/kg×熱傷面積(%)×BW(kg)を 8h 半量、16h 半量。尿 0.5ml（児 1ml）/kg/h。
- ・ 過剰輸液で fluid creep(呼吸不全、心不全、コンパートメント)起こす。
- ・ 米国で入院期間は熱傷 1%につき 1 日。20%超えると体温 38 度、異化で筋委縮。
- ・ 高代謝に対し早期から経管栄養開始、加リー計算式 Harris-Benedict 等各種あり。
- ・ 広汎熱傷では体温が高いので敗血症有無は SIRS でなく ABA の定義を使用。
- ・ I 度熱傷は表皮内に留まり乾燥して赤い。鎮痛剤とワセリン程度で十分。
- ・ II 度は真皮内。血管神経(+）、水疱か、無い場合液で濡れ疼痛激しく圧迫で白変。
- ・ 創縁から角化細胞遊走 1-2 cm、毛嚢/脂腺/汗腺周囲の角化細胞から表皮化可能。
- ・ 再表皮化に 2-3 週以上かかると肥厚瘢痕起こすので皮膚移植考えよ！
- ・ II 度熱傷は洗って軟膏塗布か創傷治療剤貼付し湿潤環境保つ。ゲーベン不可。
- ・ 3 度熱傷の色は様々で乾燥気味。血管神経破壊され圧迫で白変せず疼痛少ない。

1. 43.5 度以上で熱傷起こる。小児は熱い物に触れて固まる (freeze) ことあり！

下記は「コロッケ」の名作「ブルースリーのものまね、怒りの鉄拳」です。

<https://www.youtube.com/watch?v=JOtxdeq6tPA>

(コロッケ、ブルースリーのものまね、怒りの鉄拳、ユーチューブ、1 分)

上記のように普通、やかんに手を触れると「アタッ」と瞬間的に手を引くものです。

しかしこの NEJM 総説の Appendix (付録)、Pathophysiology of burns (熱傷の病態生理) によると、小児では、なんと触った瞬間固まってしまい (freeze) 深い熱傷になることがあると言うのです。信じられぬような話です。なお熱傷を起こすのは 43.5 度以上です。

なお小児の熱傷を見た時、必ず虐待を考えなければなりません。

本書の小児科の項目に小児虐待の総説がありますが、虐待を疑うのは次の時です。

- ・ 熱傷境界が鮮明、均一で靴下や手袋を着けたように見える (無理やり熱湯に浸される)。
- ・ 湯が飛び散ってできる熱傷痕 (splash mark) がない。
- ・ 左右対称的な熱傷。
- ・ 臀部、会陰部の熱傷。
- ・ 熱したコテやナイフ、スチームアイロン、焼き網、ラジエーター、タバコ痕などの跡。

またこの総説には書かれていませんが、小児の熱傷は必ず虐待も考慮しなければなりません。本書に The Lancet の小児虐待の総説があります。熱傷から虐待を疑うのは次の通りです。

米国では熱傷罹患年齢は二峰性で小児 (特によちよち歩きの幼児、toddler) が 24%、20 歳から 59 歳が 55% です。5 歳以上の児では炎によることが多く、5 歳未満では熱湯、蒸気によることが多いそうです。なお手掌や手背の皮膚は前腕よりも厚く深い熱傷になりにくいそうです。

また顔のように皮膚血流が良いと熱の拡散が速く深い熱傷になりにくいとのこと。

米国で熱傷の 75% は家庭で、13% は職場で発生、2% は虐待、1% が自傷です。

ほとんどの熱傷は予防でき、予防に一番簡単かつ効果的なのは煙感知器です。

2. 1 歳未満、75 歳以上は皮膚薄く深い熱傷になる。

49 度の湯は 10 分で皮膚全層の熱傷を起こし 66 度だと 2 秒で全層の熱傷となります。

1 歳未満、75 歳以上では皮膚が薄いため深い熱傷になりやすいそうです。

ブルースリーと言えば、香港の海に面した「アベニュー・オブ・スターズ（星光大道）」にブルースリーの銅像があります。ここからの香港島の夜景は素晴らしく写真業者が大勢たむろしていて記念写真を撮ってくれます。以前、家族旅行で行った折、ここで香港島の夜景をバックに写真を撮りました。それから半年程経ってから高校生だった長男の同級生が香港に行ったのですが、帰ってきてから「おい、仲田、お前香港に行った？」と聞くのです。なんと我が家の写真がサンプルとしてブルースリーの銅像の前にあったとのことでした。

この数週間、香港の大規模デモに中国がいったいどう反応するのか小生、BBC でずっと follow していました。英国は香港のかつての宗主国だっただけに BBC では香港の出来事は日本のマスコミとは比較にならぬほど詳細に報道されています。

1989 年 6 月 4 日の天安門事件では、中国人民解放軍は学生達を戦車で鎮圧しました。

学生達が涙を流しながら歌っていたのが皮肉なことに共産党の党歌とも言うべき

「インターナショナル」でした。この歌は 1944 年まではソビエト国歌でもありました。

<https://www.youtube.com/watch?v=KFfGfHCCZdQ>

(インターナショナル、ユーチューブ、2 分 53 秒)

世界的に熱傷は外傷の 4 番目で 2004 年、世界で 1,100 万人の熱傷患者が発生しました。

社会経済的地位の低い人たちに多く、熱傷の 9 割は低・中所得の国々で起こります。

先進国では熱傷面積は減少しつつあります。米国で 2016 年熱傷と煙吸入で 3,275 人が死亡しましたが、そのうち 2,745 人は住居火災、310 人が交通事故火災、

220 人はその他でした。

3. 気道熱傷は 40%以上・頭・口熱傷、煙吸入、嘔声、意識低下時。喉頭・気管支鏡を。

熱傷の初期治療は一般外傷と同じく ABCs (Airway, Breathing, Circulation) の順です。

へーと思ったのは在宅酸素患者がタバコを吸って顔面の熱傷を起こすことが多いのですが、この場合閃光 (flash) は声門まで至らぬことが多いそうです。

熱傷の多くは軽症で挿管不要です。挿管した熱傷患者の 1/3 は入院 1 日以内に抜管しました。

しかし熱傷面積が広いと気道熱傷を合併することが多く、30-40%以上の熱傷は挿管を考えますが深度が深い場合はこれ以下でも挿管考慮です。特に 40%以上の熱傷は気道熱傷の存在を強く疑います。気道熱傷を疑うのは 40%以上熱傷、頭部・口腔熱傷、重症の煙吸入の場合、熱傷センター搬入が遅れた時、意識低下時、声に変化、嘔れ声の時などです。気道熱傷では気道浮腫により数時間で完全閉塞に至ることがあります。

気道熱傷疑ったら喉頭鏡、気管支鏡での確認が有用です。

なお NEJM、Aug.4, 2016 に「気道熱傷総説」がありました。下記当、西伊豆健育会病院の早朝カンファにまとめてあります。

https://nishiizu.gr.jp/wp-content/uploads/sites/24/2025/03/conference-28_15.pdf

(気道熱傷総説 NEJM, August 4, 2016、西伊豆早朝カンファランス)

4. 炎は低酸素、煙は CO 中毒(COHb 測定)。否定まで 100%酸素投与！シアン中毒稀。

先日自宅に放火して自殺を図った女性が煙に巻き込まれて苦しくなり救急車で当院へ来院しました。顔が煤だらけで挿管して 3 次病院へ転送しました。

当院では院内で一酸化炭素中毒の確認ができません。酸素飽和度を測っても一酸化炭素中毒はわからないのです。Carboxyhemoglobin (COHb) の測定が必要です。最近では SpCO と呼んで酸素飽和度計 (SpO₂) と同じように測定できるようでした。

へーと思ったのは熱傷患者では、炎に巻き込まれたのか、それとも煙に巻き込まれたのかを聞けと言うのです。炎 (flames) は酸素を消費するため重症低酸素血症を起こします。プロパンやブタン (カセットコンロ) による閃光爆発 (flash explosion) では普通煙は出ないので、煙吸入障害 (smoke inhalation injury) は普通ないそうです。

一方、煙 (smokes) に長時間巻かれた時は、一酸化炭素中毒を考慮します。

Hb の CO との親和力 (affinity) は何と酸素の 200-250 倍なのです。煙吸入の場合、血中酸素圧、酸素飽和度を測っても一酸化炭素中毒はわかりません。

以前、家に囲炉裏のある患者さんが頭痛で来院され一酸化炭素中毒でした。頭痛を訴える時、一酸化炭素中毒を疑います。

診断には Carboxyhemoglobin 計測が必要です。これが 30-40%なら一酸化炭素の重症曝露で治療は 100%酸素吸入です。これにより一酸化炭素の Hb からの半減期は 3-4 時間から 1 時間に減少します。高圧酸素室で半減期は更に減少しますが熱傷管理が困難になるので滅多に使われません。一酸化炭素中毒が否定されるまで、とりあえず 100%酸素を投与します。

合成ポリマーなどが燃焼するとシアン中毒を起こします。しかし稀なのでルーチンのシアン中毒治療は避けよとのことでした。

煙吸入障害の診断は下記の二つによります。

- ① 煙の長時間曝露、
- ② 気管支鏡で声門以下に煤 (soot) や損傷の存在。

5. Adicosis 長引く時はポリマーによるシアン中毒考慮、フルスシ (VB12) ,デトキソールで拮抗。

合成ポリマーなどが燃焼するとシアン中毒を起こします。しかし稀なのでルーチンの治療は避けます。Acidosis が長引く場合にシアン化水素中毒を考えます。

シアン化水素 (HCN、青酸) は多くの合成ポリマー (アクリル等) の燃焼 (combustion) で容易に生成されます。

アウシュビッツで使われた ZyklonB はシアン化水素です。戸外では拡散希釈してしまうため生物兵器には適さなかったのですが、密室での殺人に使われたのです。

学生時代、ミュンヘン近郊のダッハウ強制収容所を見学しました。銃殺場、死体焼却場などが残っています。

帰りに電車で一緒になった女性は父親がこの収容所で亡くなったと泣いていました。

<https://www.kz-gedenkstaette-dachau.de/permanent-exhibition.html>

(ダッハウ強制収容所ホームページ)

シアン中毒には VB12 (hydroxocobalamin,国内では フレスミン S 1g/1ml)が有効だそうです。cyanide が cyanocobalamin になるのです。この総説には用量は書いてありませんでしたが、調べたところ hydroxocobalamin 5g を 200ml 5%ブドウ糖に溶かして 30 分かけて投与し、更にその後 12.5 g sodium thiosulfate(25%溶液 50ml)を 10 分で投与します。

国内では sodium thiosulfate はデトキソール (日医工) 2g 20ml です。

15 分以内に改善なければ両者を繰り返します。

詳細は先の当西伊豆健育会病院 HP 早朝カンファの気道熱傷総説 URL をご覧ください。

6. ARDS は TV6ml/kg, pH>7.3,SO₂88-95%,Plateau 圧<30cmH₂O,PEEP>12cm 水柱。

熱傷面積が広いと煙吸入による肺損傷 (smoke inhalation injury) も可能性が高まります。

煙吸入障害の病態生理は気管支粘膜に煙粒子が付着し表皮細胞死、粘膜脱落 (sloughing) 、小気管支閉塞、無気肺を起こし肺炎リスクが高まります。

治療は ARDS と似たようなものです。熱傷で ARDS が発症することがありますが

1 回換気量 (tidal volume) を予想体重の 6ml/kg と少なくして PEEP をかけて気道を保ちます。いわゆる「permissive hypercapnea」です。

ARDS 治療での呼吸器設定目標は次の通りです。

【ARDS での呼吸器設定目標】

- ① 一回換気量 6ml/kg、
- ② pH 目標 > 7.30、
- ③ 酸素化目標 PaO₂ 55-80mmHg、SpO₂ 88-95%、
- ④ Plateau pressure goal : 30 cm H₂O 以下、
- ⑤ PEEP > 12 cm H₂O、
- ⑥ Recruitment maneuver 使用。

7. 胸腹部全周熱傷は 12-18h で compartment 症候群発症、センターで焼痂切開！

以前、灯油をかぶって自殺しようとした女性が 3 度 90% 熱傷で受診されました。

全身の焼痂のため当初呼吸の有無が判らず死亡していると思ったのですが

心臓にエコーを当てたところ動いていて生存していると判りました。

即座に焼痂切開すべきか迷ったのですが挿管してそのままヘリで 3 次病院に転送しました。

3 度 90% 熱傷ですから結局亡くなられました。

この総説によると胸部、腹部の全周性熱傷の場合、コンパートメント症候群が

起こるので焼痂切開が必要ですが発症は 12-18 時間後なので熱傷センターで行うべきとのことです。

The American Burn Association (ABA)によると 2016 年、米国で 48 万 6,000 人の熱傷が発生、そのうち 67% は体表面積の 10% 以下、4 万人が入院し、そのうち 3 万人は全米 128 箇所の熱傷センター (burn centers) に入院したとのこと。

8. 熱傷面積は成人 9 の法則、小児 Lund-Browder chart、初期輸液量決定し尿量で調整。

先日消防署との Medical Control (重症搬送例の消防隊と病院との協議会) で熱傷症例がありました。下田の旅館に大学生 3 人連れが泊まりました。

風呂に熱湯を入れながら一人がダチョウ倶楽部の真似で「押すなよ、絶対押すなよ」と

言いながら他の 2 人に突き落とされ下肢に 20-30% 熱傷を受傷した症例がありました。

ダチョウ倶楽部は実際にはぬるま湯でやっているのだそうです (そりゃそうだろう)。

体表面積は Rules of Nines では頭部 9%、1 上肢 9%、1 下肢 18%、体幹前面 18%、体幹後面 18%、生殖器 1% で総計 100% です。しかしヒトは皆ギリシャ神話のような理想体型をしているわけではないので (当然です!) この方法は不正確です。

多くの熱傷センターは成人では 9 の法則、小児では Lund-Browder Chart を使用しています。

【熱傷面積：成人は 9 の法則、小児は Lund-Browder Chart 使用】

https://www.msmanuals.com/en-au/professional/multimedia/figure/phy_rule_of_nines

(Rule of nines for adults and Lund-Browder chart for children for estimating extent of burns)

注意すべきはこの表は初期輸液量の決定のみに使用するものでありそれ以後の輸液量の調節は患者の反応を見ながら決定します。なお小児、煙吸入、アルコール中毒、蘇生が遅れた場合はより多くの輸液が必要かもしれません。

9. $LR4ml/kg \times \text{熱傷面積}(\%) \times BW(kg)$ を 8h 半量、16h 半量。尿 $0.5ml$ (児 $1ml$) / kg/h 。

以前、家庭で調理中コンロが燃え上がり上半身の 20%熱傷を受傷した婦人がいました。自宅で 1 時間ほど冷やしていたのですが、だめで近くの診療所へ歩いて向かいました。診療所の先生が慌てて救急車で当院へ搬入してきたのですが病着時血圧 60 でした。

熱傷の輸液は他のどんな外傷よりも大量に必要です。20%以上の熱傷で毛細血管からの体液漏出が起こり、治療しないと hypovolemia で死に至ります。Burn shock は約 24 時間起こります。

以前米国 TV ドラマの ER を見ていたら全身熱傷の患者に向かって Dr.グリーンが「あなたはまもなく死にます」と言っていたのにはたまげました。

熱傷の輸液は、小生が研修医の頃のままだの Parkland formula が今も使用されていて数十年少しも進歩していないんだなあと逆に驚きました。

Parkland formula (日本では Baxter 公式と呼ばれる) は最初の 24 時間に乳酸加リンゲル $4ml/kg \times \text{熱傷面積}(\%) \times \text{体重}(kg)$ です。

<https://www.mdcalc.com/parkland-formula-burns>

(Parkland formula for burns, MD+calc)

ただし熱傷面積では 1 度熱傷は含めず 2 度と 3 度のみです。総輸液量を最初の 8 時間で半量、次の 16 時間で残り半量を投与します。時間尿量 $0.5ml/kg/\text{時間}$ 、30 kg 未満の小児では $1ml/kg/\text{時間}$ を目標とします。

例えば 100 kg 男性で 80%深部熱傷の場合、24 時間の輸液量は $4 ml \times 80(\%) \times 100(kg)$ で実に 32ℓ ととんでもない量になります。ただし最初の 8 時間に 16ℓ (2ℓ/時間) を投与しますがそれ以後、時間尿量 $0.5 \times 100(kg) = 50ml$ を目標として調整するのです。

とりあえず 1 日必要量の半量を 8 時間で入れてから、後は尿量で調整という訳です。

成人では目標尿量は $0.5ml/kg/\text{時間}$ 、30 kg 未満の小児では $1ml/kg/\text{時間}$ とします。

なお modified Brooke formula では、上記の Parkland の輸液を $2ml/kg$ まで落とし、浅い熱傷では低量を、深部熱傷では $4ml/kg$ を投与するのだそうです。

深部熱傷、小児、アルコール中毒患者ではより多くの輸液が必要となります。
輸液に CVP、乳酸値、Hb などを指標とする方法も考案されたのですが輸液必要量を過大に見積もる傾向がありました。現在の問題は医師が必要輸液量を過大に見積もり勝ちであることだそうです。

10. 過剰輸液で fluid creep(呼吸不全、心不全、コンパートメント)起こす。

過剰輸液すると fluid creep と言われる状態になります。これは 2000 年頃から言われだした概念で呼吸不全、心不全、腹部コンパートメント症候群を起こす状態を言います。これは尿量に注意しなかったり、麻薬による血管拡張、人工呼吸で胸腔圧が高くなり静脈還流が減少することなどによります。

輸液は伝統的に balanced isotonic crystalloids (乳酸リンゲル)が使用されてきましたが多くの熱傷センターでは膠質液 (oncotic fluid、アルブミンやプラズマ) も使用しているようです。

アルブミン使用により輸液量を減らせます。

大量のビタミン C (66 mg/kg/時間、国内ではビタシミン 100 mg/ml、500 mg/ml) 投与で輸液量を減らせるとする報告がありますが、しかしこれは利尿剤として働くのではという説があります。

11. 米国で入院期間は熱傷 1%につき 1 日。20%超えると体温 38 度、異化で筋委縮。

熱傷患者の入院は長くなります。米国で典型的入院期間は熱傷 1%につき 1 日です。
重要な 3 つの治療タスクは次の通りです。

- ① 皮膚閉鎖、
- ② 過剰代謝の対処、
- ③ 必然的敗血症の対処、多臓器不全の対処。

熱傷面積が 20%を超えると過剰代謝 (hypermetabolism)、異化作用 (catabolic response、高分子を分解してエネルギーを得る) が起こり筋委縮が起こります。
治療しないと多臓器不全による死に至ります。

代謝ストレスを減らすには熱傷組織を切除し皮膚やその他のバリアで覆うことです。
過剰代謝状態 (hypermetabolic) の患者ではコア体温は約 38 度となり、室温を 18 度前後とすることで代謝需要を減らせます。小児では propranolol 使用で過剰代謝を抑えることができるそうです。

1 2. 高代謝に対し早期から経管栄養開始、加リー計算式 Harris-Benedict 等各種あり。

熱傷面積が広い場合、栄養補給が必要です。経腸チューブを挿入し極力早く、初期蘇生中からでも経管栄養を推奨します。手術中は経鼻胃管で胃のドレナージをするかもしれませんが経鼻十二指腸管が便利かもしれません。必要カロリーは色々な式 (Formula) がありますが熱傷では injury factor として 1.4 から 1.5 倍します。

蛋白は 1.5–2g/kg/日で補給し窒素バランスを計算して調整します。

Formula と言えば以前、マカオに行ったときマカオ F1 グランプリ (澳門格蘭披治大賽車) の博物館があり見学してきました。Formula 1 とは出場車両に決められた規格のことです。

「Formula 1」は広東語でなんと「一級方程式」と訳されていました。

タブレットは「電腦平板」で我々にはこの方がよく分かります。

アロンアルファは超能膠、非常口は太平門になっていました。

長男が澳門大学 (マカオ大学) と墨書された T シャツをお土産に買いました。

着ていてもどこの大学なのか誰にもわかりません。

なお中国では簡体字 (簡単な漢字) を使いますが香港や台湾では繁体字 (腦のような古い漢字) です。香港人の知り合いの話では中国の古典や子供向けの良書は中国国内ではあまり出版されないの台湾まで行って買ってくるとのことでした。

【The Harris-Benedict Formula による必要カロリー】

- ・ 男性必要カロリー : $【66+(13.7 \times \text{体重 kg})+(5 \times \text{身長 cm})-(6.8 \times \text{年齢})】$
× Injury factor (熱傷では 1.5) × Activity factor (普通 1.2~1.4)
- ・ 女性必要カロリー : $【655+(9.6 \times \text{体重 kg})+(1.8 \times \text{身長 cm})-(4.7 \times \text{年齢})】$
× Injury factor (熱傷では 1.5) × Activity factor (普通 1.2~1.4)

【Toronto Formula による必要カロリー】

- ・ $-4343+(10.5 \times \text{TBSA})+(0.23 \times \text{最後の 24 時間のカロリー摂取量})+$
(Harris -Benedict Formula のカロリー) $+(114 \times \text{体温}-(4.5 \times \text{熱傷後日数}))$

【Milner formula による必要カロリー】

- ・ $【\text{BMR} \times (0.274+0.0079 \times \text{TBSA}-0.004 \times \text{熱傷後日数})+\text{BMR}】 \times 24 \times \text{Activity factor}$
(ふつう 1.2~1.4)

なお健康人の BMR (basal metabolic rate) は以下の通りです。

男性 : $54.337821-(1.19961 \times \text{年齢})+(0.02548 \times \text{年齢}^2)-(0.00018 \times \text{年齢}^3)$

女性 : $54.74942-(1.54884 \times \text{年齢})+(0.03580 \times \text{年齢}^2)-(0.00026 \times \text{年齢}^3)$

大きな問題は feeding の中断です。熱傷患者での異化を防ぐためテストステロン類似の oxandrolone 10 mg (国内未発売) を 1 日 2 回投与して筋肉量を改善することがあります。また初期から立位歩行を促し筋肉萎縮を防ぎます。

小生先月、上行結腸半切除術を受けたのですが、2週間ほどほとんど運動をしませんでした。退院後3kmウォーキングしたところ全身の筋肉痛を起こしました。筋委縮ってこんなに早く進むのかと驚きました。

13. 広汎熱傷では体温が高いので敗血症有無はSIRSでなくABAの定義を使用。

熱傷では皮膚バリアがないので敗血症はいつ起こっても不思議ではありません。抗菌薬予防投与は感染予防に役立たず抵抗性の細菌出現を招きます。熱傷では常に細菌に曝されておりまた高代謝状態にあり体温が高く、頻脈で白血球数異常があります。20%以上の熱傷ではSIRSの状態なのです。また長期のCVライン、呼吸器、尿道カテによる感染リスクも高くなります。

SIRS (Systemic Inflammatory Response Syndrome) は一般的に下記の4つのうち2つを満たした時です。

- ① 体温<36度または>38度、
- ② HR>90/分、
- ③ RR>20/分またはPaCO₂<32mmHg、
- ④ WBC<4,000、または>12,000、>10%bands

しかし広汎熱傷ではもともと体温が高いので、このSIRS定義では本当に敗血症なのかわかりません。そこで米国熱傷協会 (ABA:American Burn Society) では熱傷の場合の敗血症を以下のように決めています。38度でなく39度以上、HR>90でなく110、RR>20でなく25なのです。

【ABA (American Burn Association) による熱傷での敗血症】

以下の4つ以上を満たしたとき敗血症とする。

- ① 体温>39度または<36.5度、
- ② 進行性頻脈>110/分、
- ③ 進行性呼吸促拍>25/分または1分換気量>12L、
- ④ 血小板数<10万/dl (熱傷後3日以降)、
- ⑤ 糖尿病なしで高血糖、BG>200mg/dl, 必要インスリン>7u/時間、インスリン抵抗性 (24時間でインスリン必要量25%増加)、
- ⑥ 経腸管栄養を24時間以上中断 (腹部膨満、下痢、1日2回の経管栄養不寛容)
- ⑦ 感染の存在の証明 (培養陽性、感染組織の存在、抗菌薬で反応する)

【ABAの敗血症性ショック定義：これはSepsis3ガイドラインと同じ】

敗血症があり①MAP $\geq$ 65を保つに昇圧剤が必要、②乳酸値2mmol/l (18mg/dl) 以上

1 4. I 度熱傷は表皮内に留まり乾燥して赤い。鎮痛剤とワセリン程度で十分。

表皮内に留まる熱傷は 1 度熱傷です。表皮はバリアの役割で水分保持と細菌侵入を防ぎます。I 度熱傷ではバリアは保たれているので熱傷は乾燥して赤い (dry and red) のが特徴です。つまり日焼けと同じです。治療は不要か鎮痛剤、ワセリン (moisturizer) 程度で十分です。

皮膚は二つの構成成分、表皮 (epidermis) と真皮 (dermis) に分かれます。表皮の一番下層にケラチン細胞 (keratinocytes) からなる基底細胞層 (basal cell layer) がありケラチン細胞の増殖、移動 (migration) が可能です。基底細胞層の間にはメラニン色素細胞がありその上の 30 から 40 層のケラチン細胞に分枝を伸ばし melanosomes を分泌、これはケラチン細胞に貪食され核の上で防御層として働きます。

1 5. II 度は真皮内。血管神経(+)、水疱が無い場合、液で濡れ疼痛激しく圧迫で白変。

2 度熱傷は真皮に達しますが真皮を貫通はしません。「水疱を形成」するか
「水疱が無い場合は間質液が滲み出ている (weeps interstitial fluid) 濡れている」のが特徴です。「血流があるから浸出液が出てくる」のです。
真皮層内で下方に動静脈があり真皮内に動静脈分枝を送ります。
2 度熱傷では真皮の血管と神経はたもたれているので圧を加えると白くなりますし疼痛は激しいのです。真皮はバリアとしての機能はありませんがコラーゲンと細胞外マトリックス蛋白があり皮膚の強靭さ (strength) に寄与します。

1 6. 創縁から角化細胞遊走 1-2 cm、毛嚢/脂腺/汗腺周囲の角化細胞から表皮化可能。

2 度熱傷は創縁や皮膚付属器からの再表皮化 (reepithelialization) で治癒します。
創縁で基底細胞 (ケラチン細胞) が創床で遊走を始めるのです。
ただし遊走限界は創縁から 1-2 cm です。
基底細胞 (ケラチン細胞) は細胞同士の接触による増殖抑制がとれると増殖を始めます。
また局所の成長因子 (epidermal growth factor, transforming growth factor α , Keratinocyte growth factors 1 and 2) が放出され角化細胞増殖を促します。

また真皮には皮膚付属器 (skin adnexa: 毛嚢、脂腺、汗腺) があります。
重要なポイントはこの付属器は角化細胞 (keratinocytes) で包まれている点です。
2 度熱傷では皮膚付属器に角化細胞 (keratinocyte) があるのでここから角化細胞が遊走してきます。ですから毛嚢がたくさんある頭皮では表皮化は 4-5 日以内と速いのです。

一方、老人では毛嚢が少なく再表皮化は遅くなります。また老人では皮膚が薄いいため熱傷はよりひどくなります。

2度熱傷も深くなるほど皮膚付属器が減り表皮化に時間がかかります。

角化細胞は乾燥状態よりも湿潤環境でより速く遊走します。ただし遊走の限界は創縁から1-2 cmに過ぎません。乾燥状態では線維性のかさぶた（fibrinous scab）を形成しその下のわずかな湿潤環境で表皮ができます。

17. 再表皮化に2-3週以上かかると肥厚瘢痕起こすので皮膚移植考えよ。

再表皮化に2-3週以上かかると肥厚瘢痕（hypertrophic scar）を起こす可能性が高いということです。従って2-3週以上かかるような熱傷では切除して皮膚移植を考えた方が肥厚瘢痕は少ないのです。中間層皮膚移植（partial-thickness skin graft）は再表皮化を促します。

この「再表皮化に2-3週以上かかる熱傷は肥厚瘢痕起こすので要注意！」というのは小生全然知りませんでした。この総説を読んで初めて知りました。

18. II度熱傷は洗って軟膏塗布か創傷治療剤貼付し湿潤環境保つ。ゲーベン不可。

2度熱傷は石鹼と水で洗い、水疱やゆるくなった皮膚は切除し局所に軟膏を塗布して湿潤環境を保ちます。抗菌薬入り軟膏を使用する場合は1日1、2度包帯交換します。手掌や足底の厚い水疱はcomfortのためにそのままにしても良いそうです。

小熱傷にはbacitracin(抗菌薬)軟膏を使用してもよいのですが発疹が必発なので

1週以内に中止します。Silver sulfadiazine (ゲーベックリーム)は再表皮化を妨げるので浅い熱傷には不可だそうです。

また現在臨床の現場では創傷治療材によるextendedあるいはclosed dressingsをよく使います。熱傷を洗浄したあと湿潤環境を保つdressingsを貼り治療して自然に剥がれるまでそのまま5日から10日置きます。

毎日の包帯交換が不要で入院期間が短縮でき鎮痛剤も少なく済みます。

治療に2週以上かかる熱傷は瘢痕収縮を起こしますので皮膚移植が必要か否か専門医にコンサルトします。

当西伊豆健育会病院では2度熱傷は、受傷当日は洗浄の上ワセリンですが、以後は毎日洗浄の上、プラスモイストP（瑞光メディカル）か、浸出液が多い場合は洗浄の上、プラスモイストTOPを紙おむつに貼付して熱傷に当てております。

19. 3度熱傷の色は様々で乾燥気味。血管・神経破壊され圧迫で白変せず疼痛少ない。

福島県猪苗代に野口英世記念館があります。出生した家が保存されており英世が赤ん坊のとき落ちて手の熱傷を負った囲炉裏があります。指が松の瘤のように一塊になっていたとのことですから3度熱傷です。手術を受けてある程度指は動くようになったようです。1896年（明治29年）、19歳の時、英世は医術開業試験受験のため上京するのですがこの生家の柱に「志を得ざれば再び此地を踏まず」と刻んでおり、その不退転の決意に感動します。

3度熱傷は真皮が完全に破壊され皮下脂肪層に及ぶ **full-thickness burn** です。真皮の下には皮下脂肪があり骨、腱、筋膜を覆っているのです。皮下組織は主に脂肪よりなりますが、その下の組織の **padding** (詰め物)の役割を果たしています。

3度熱傷は血管、神経がすべて破壊されるため熱傷を圧迫しても白く (**blanching**) なりません。3度熱傷の色は赤、黄、茶、黒のどんな色も有り得ます。また血管が破壊されているため2度熱傷に比して乾燥しています。また神経破壊のため2度熱傷に比して痛みが少ないのです。

真皮の皮膚付属器は破壊されているため3度熱傷では表皮の角化細胞の遊走は創縁からに限られます。従って治癒は瘢痕形成、皮膚収縮を起こします。小さな熱傷で重要でない部位なら瘢痕形成が起こっても差し支えありませんが、場所によっては機能障害を起こします。時間が十分あれば収縮によりどんな熱傷も閉鎖されますがひどい拘縮を起こします。

3度熱傷や治癒に2-3週かかるような2度熱傷の場合、熱傷部切除と皮膚移植が原則です。移植皮膚は厚いほど収縮しにくいのですが、**sheet graft** (皮膚全層移植、**full-thickness graft**) を行うには **donor site** を縫縮しなければなりませんのでサイズは限られます。

中間層皮膚移植はメッシュにして皮膚を拡張できますがメッシュパターンは生涯遺残します。中間層皮膚移植は同じ場所から何回も可能ですが2-3週待たなければなりません。**donor site** は肥厚性瘢痕を防ぐには2-3週以内に再表皮化しなければなりません。

以前、小学生の女の子がバックしてきた乗用車に巻き込まれ大腿の10 cm×20 cm位のデグロービング損傷を起こしました。反対側の大腿から皮膚を **dermatome** で採取してメッシュでメッシュにして移植しました。しかしメッシュパターンの醜状は残りますから外観を大変気にされ、結局数年後に形成外科医に依頼して正常皮膚の下に風船のような **expander** を入れて何日もかけて皮膚を拡張して採取して **sheet graft** (全層皮膚移植)を行い、**donor site** は縫縮しました。今は結婚して子供さんがいます。

www.wound-treatment.jp/next/case/956.htm

(mesh skin graft の後の皮膚外観)

60%以上の熱傷の現在の治療は、最初の数日で熱傷部分を切除し、健常皮膚から皮膚採取しメッシュで拡大して皮膚移植します。

また皮膚バンクの **allograft** や **dermal substitutes** で一時的カバーを行ないますが結局は最終的にメッシュ皮膚移植が必要です。表皮細胞を採取して熱傷にスプレーでかけることにより **mesh skin graft** 治療を促進できるということです。

培養による表皮自家移植も使用されはじめていますが真皮を欠くため皮膚が脆い (**fragile**) ということです。NEJM の May 2, 2019 に「幹細胞による疾患治療 (総説)」がありました。iPS 細胞による皮膚培養も試みられていますが、熱傷患者では真皮層の再生が必要でこれがまだ実現していません。もし熱傷患者で皮膚幹細胞の使用ができるようになれば熱傷治療の革命となるでしょう。正常皮膚から無限に皮膚シートを培養できるのですから。

4 度熱傷は筋肉、骨、腱に及びますが皮弁形成や切断を要しますので熱傷センターで治療します。

結局過去 40 年、熱傷治療はあまり変化がないのですが、それでも広汎熱傷の多くの患者が救命されています。しかし熱傷は身体的側面だけでなく熱傷瘢痕などによる精神的、感情的ハードルが大変大きいのです。下記は **Phoenix society** という熱傷患者をサポートする協会です。

<https://www.phoenix-society.org/>

(Phoenix society、Support for burn survivors)

それでは熱傷治療 (総説) NEJM, June13,2019 の最重要点 19 の怒涛の反復です。

- ・ 43.5 度以上で熱傷起こる。小児は熱い物に触れて固まる (**freeze**) ことあり！
- ・ 1 歳未満、75 歳以上は皮膚薄く深い熱傷になる。
- ・ 気道熱傷は 40%以上・頭・口熱傷、煙吸入、嘔声、意識低下時。喉頭・気管支鏡を。
- ・ 炎は低酸素、煙は CO 中毒(COHb 測定)。否定まで 100%酸素投与！シアン中毒稀。
- ・ Adicosis 長引く時はポリマーによるシアン中毒考慮、フルスシ (VB12) ,デトキソールで拮抗。
- ・ ARDS は TV6ml/kg, pH>7.3,SO₂88-95%,Plateau 圧<30cmH₂O,PEEP>12cm 水柱。
- ・ 胸腹部全周熱傷は 12-18h で compartment 症候群発症、センターで焼痂切開！
- ・ 熱傷面積は成人 9 の法則、小児 Lund-Browder chart、初期輸液量決定し尿量で調整。
- ・ LR4ml/kg×熱傷面積(%)×BW(kg)を 8h 半量、16h 半量。尿 0.5ml (児 1ml) /kg/h。
- ・ 過剰輸液で fluid creep(呼吸不全、心不全、コンパートメント)起こす。

- ・ 米国で入院期間は熱傷 1%につき 1 日。20%超えると体温 38 度、異化で筋委縮。
 - ・ 高代謝に対し早期から経管栄養開始、加リー計算式 Harris-Benedict 等各種あり。
 - ・ 広汎熱傷では体温が高いので敗血症有無は SIRS でなく ABA の定義を使用。
 - ・ I 度熱傷は表皮内に留まり乾燥して赤い。鎮痛剤とワセリン程度で十分。
 - ・ II 度は真皮内。血管神経(+)、水疱か、無い場合液で濡れ疼痛激しく圧迫で白変。
-
- ・ 創縁から角化細胞遊走 1-2 cm、毛嚢/脂腺/汗腺周囲の角化細胞から表皮化可能。
 - ・ 再表皮化に 2-3 週以上かかると肥厚瘢痕起こすので皮膚移植考えよ！
 - ・ II 度熱傷は洗って軟膏塗布か創傷治療剤貼付し湿潤環境保つ。ゲーベン不可。
 - ・ 3 度熱傷の色は様々で乾燥気味。血管神経破壊され圧迫で白変せず疼痛少ない。