

Fire-Related Inhalation Injury (Review Article)

著者

Robert L. Sheridan, M.D.

Massachusetts General Hospital、外科、熱傷部門、ハーバード医科大

NEJM, Aug.4, 2016 に気道熱傷の総説がありました。

著者はハーバード医科大、Massachusetts General Hospital (MGH) 外科のドクターです。

要点は下記 14 点です。

- ・熱傷面積 20%以上の患者で気道熱傷は独立した死亡予測因子。
- ・火災時の空気温度は床で低く、数十cm高いと数百度！匍匐前進せよ！
- ・直接の気道熱傷は一般に声門より上のレベルに限られる。
- ・工場など高圧の煙を吸い込むと声門以下に及ぶ。
- ・一酸化炭素中毒(CO_{Hb})はまず頭痛で始まる。

- ・一酸化炭素中毒は 6 時間 100%酸素投与！高圧室は減圧時エア塞栓起こすことも。
- ・持続的 acidosis はシアン中毒考え VB12 (hydroxocobalamin)投与！
- ・気道熱傷疑うのは鼻・口周囲熱傷、焼けた鼻毛、口内の煤、嗄声、wheeze/stridor。
- ・気道熱傷直後の胸部 X 線はたいてい正常！CT は重症度判定に役立つ。
- ・熱傷面積 20%以下は頭部挙上、湿潤空気、2 時間毎観察で十分。

- ・20%以上広範熱傷、顔面浮腫、嗄声、stridor は要注意、挿管準備！
- ・再挿管は困難なので抜管されぬよう注意！
- ・抗菌薬、ステロイド予防投与不要。
- ・気道攣縮にβアゴニスト。

小生、今まで気道熱傷症例は灯油を被って着火、自殺しようとした女性の 1 例しかありません。

ほぼ全身の 3 度熱傷、口周囲に 2 度熱傷、鼻毛の焦げ (singed nasal hair) があり明らかに炎を吸い込んだと思われました。米国で熱傷による入院は年間 4 万人、このうち 2000 人 (5%) は気道熱傷があったそうです。

熱傷面積 20%以上の患者で気道熱傷は独立した死亡予測因子です。

気道熱傷があると予測死亡率は 20%高くなります。

この患者さんは3度熱傷で皮膚がランドセルの皮のように硬く呼吸の有無が判らなくて当初、亡くなっていると思いました。
心エコーを当てたところ心臓が動いていて焼痂切開するか迷いましたが即座にドクターヘリで静岡へ送りました。
しかし90%以上の3度熱傷は救命のしようがなく結局亡くなりました。

この総説によると気道熱傷は1942年のボストンのCocoanut Grove（ココナッツ林）night-club fireから知られるようになったのだそうです。
こんな火災事故は初めて聞いたのでWikipediaなどで調べてみました。

https://en.wikipedia.org/wiki/Cocoanut_Grove_fire

(Cocoanut grove fire, Wikipedia)

1942年11月28日、ボストンのマサチューセッツで起こったナイトクラブの火災で492人が死亡しました。マフィアによって作られたナイトクラブで火災対策などは取られていませんでした。グーグル地図で調べたらMassachusetts General Hospitalから直線で1.5kmの距離で犠牲者はMGHにも搬入されています。

ホールの柱がヤシの木に見え、ライトがココナッツの実になっていたそうです。兵士が彼女とキスをしようとして電球をソケットから捻って外して暗くし、後で16歳のボーイに戻すように言いました。ボーイはソケットが暗くてよく見えなかったのでマッチを擦って電球を戻しました。しかしこの火が装飾布などに燃え移りガソリン火災のように数分で一気に燃え広がったのです。この総説によると火災時の空気温度は床レベルで低く、数十cm高いだけで数百度にもなるそうです。ですから火災時は床を匍匐前進した方がよさそうです。

入口が回転ドアだったため、大勢がパニックで殺到しドアが動かなくなりました。回転ドアは建物のエアが外へ逃げないので気密性が高まります。この事故の後、法改正され、回転ドアはその横に必ず通常のドアを設けたり、あるいは、回転ドアを折り畳んで開放できる構造にしたのだそうです。西伊豆には回転ドアなんてないので、今度東京へ行ったらよくよく見てこようと思いました。

ナイトクラブのサイドドアは、食い逃げを防ぐためドアは内側へは開くけど外側には開きませんでした。このため殺到する人でこのドアも動かなかったのです。もしこのドアが外に開けば300人位は助かったのではとされています。窓も板で塞がれていて出られませんでした。室内の装飾などから一酸化炭素、化学物質も大量に出ました。煙により椅子に腰かけ飲み物を持ったままで死んでいる人もいたとのこと。

犠牲者は Massachusetts General Hospital (MGH) 、 Boston City Hospital へ搬送されました。MGH ではこのとき初めて熱傷に対し輸液、血液製剤を使用し、また熱傷には petroleum jelly (ワセリン) とガーゼが使われました。

「えっ、ワセリンって石油 (petroleum) から作るんかい！」と驚いて調べたところ、日本薬局方では「白色ワセリンは石油から得た炭化水素類の混合物を脱色して精製した物」が定義だそうです。ワセリン (Vaseline) はユニリーバ社の商品名だけど米国でも一般的にそう呼ばれているような。創傷処置でワセリンと抗菌薬入り軟膏を比べた RCT があり「有意差がなかった」ようなので小生は、創傷、熱傷にはワセリンを愛用しております。

MGH へ搬入された患者は全員が生存、一方、Boston City Hospital へ搬入された患者の 1 か月後生存率は 30% でした。

3 度の 55% 熱傷で救命できた症例があり、これは当時の新記録でした。

またこのとき、初めて Merck 社のペニシリンが使われ staphylococcus に有効であることがわかりました。このため米国政府はペニシリン生産の援助を始め戦場で使用されるようになったのです。ペニシリンは 1928 年にフレミングが発見し 1941 年に Penicillin G、N の単離に成功したそうです。

ナイトクラブ火災は 1942 年ですので、その翌年使用したことになります。

当、西伊豆健育会病院でも G 染で肺炎球菌と確定すれば Penicillin G を第 1 選択に使っています。まるで秋水 (鋭利な刀) のような切れ味の凄さにはいつも驚きます。

また精神科医による PTSD 研究、Grief care 研究もこの事故を契機にはじまりました。下記にこの研究論文の PDF があります。

<http://www.nyu.edu/classes/gmoran/LINDEMANN.pdf>

(Erich Linderman, Symptomatology and Management of Acute Grief,
American Journal of Psychiatry, 1944)

これを読んでみましたが、深く感動しました。Grief care (悲嘆の治療) なんてつい最近始まったのかと思っていましたがこんなに昔から研究があったは思いませんでした。この筆者は潰瘍性大腸炎 41 例の内、33 例が近親者の死別をきっかけに発症したことから「悲嘆」の研究を始めたとのこと。

特にこの火災での死別（bereavement）例を研究したのです。
死別後の悲嘆の症状は次のようなものが多いとのことです。

- ・ため息（sighing）
- ・脱力感、疲労（exhaustion）：階段を上がりにくい、荷物を挙上しにくい。
- ・食事が砂を噛むよう、食欲低下、唾液が出ない
- ・幻影
- ・死者に対する罪悪感
- ・周囲の者に対する敵意（医師に向けられることもある）

幻影とは例えば、火災で娘を亡くした父親は「電話ボックス内で娘を見た、はっきり自分と呼ぶ声を聴いた」というのです。
親友を亡くしたパイロットは友人が幻影として残り、幻の彼と食事をし、空軍に入ることを彼に相談し、半年後、友人が亡くなったことを否定したとのことです。

罪悪感の例としては、夫婦喧嘩した直後に夫が火災で亡くなった妻は、夫に対し生前こうしてあげればよかったとずっと罪悪感を感じていたなどがあります。

また悲嘆が遅れて起こる（delay, postponement）こともあるそうです。
火災で両親とボーイフレンドを亡くした16歳の少女は、本人も3週間入院したのですが常に陽気で、2人の兄弟の面倒を見なければならぬと気丈に話していました。しかし兄弟が他の家に引き取られ、自分の家も無くなった2ヶ月半後から強い悲嘆が始まったというのです。

悲嘆の治療としては、やはり良く話を聞いてあげることに尽きます。
悲しみ、罪悪感を言語化させるのです。特に子供を亡くした場合は反応が強いのです。
「周囲への敵意（医師に向けられることもある）」には特に介入が必要です。
宗教は大変有効とのことです。儀式（ritual）により他人との関係も保たれます。

仏教の葬式、法事も悲嘆の治療としては確かに有効であると思います。
昔次女が亡くなった時、力強い読経の声で、次女をぐんぐん天に押し上げていくような感じがしました。また普段、親戚に会う事はほとんどありませんから法事がないと親戚関係を保つことは困難です。

1. 気道熱傷の症状

火災による直接の気道損傷は一般に声門より上のレベルに限られるのだそうです。工場火災などで、高圧の煙を吸い込むと声門以下に及びます。声門以下の損傷はエアロゾル化した化学物質や不完全燃焼物質によります。建築物火災 (structural fire) は多彩な化学物質を含む煙を出すのです。

気道熱傷を疑うのは、密室火災、鼻・口周囲の皮膚熱傷、焼けた鼻毛 (singed nasal hair)、気道の煤 (soot)、痰に煤 (carbonaceous sputum)、嗄声、wheeze、stridor などがある場合です。気道熱傷直後の胸部 X 線はたいてい正常で、X 線が正常だからと言って安心してはなりません。CT は重症度判定に役立ちます。

気道熱傷で気管支収縮、血管収縮、bronchorrhea (気道内粘液)、肺胞の水浸し、気道内沈着 (cast) を起こします。輸液後の酸素化はおおざっぱに気道熱傷の重症度と比例しますが輸液量に大きく影響されます。気管支鏡下での debris 除去の価値ははっきりしません。また燃焼により酸素は急速に消費され酸素のないガス吸入により低酸素脳症が起こります。

小生の叔父が太平洋戦争中、硫黄島で戦死したのですが、硫黄島では地下トンネルを掘って米軍を待ち受けました。米軍はほぼ無抵抗で上陸しましたが、内陸におびき寄せられたところで突然日本軍の反撃を受けたのです。これに対し米軍は火炎放射器 (flame thrower) を使ったり、また海水を洞窟に大量に入れ更にガソリンを注入して点火したりしたのです。

2 年前、真珠湾に行った時、戦艦アリゾナ記念館に船で行きました。戦艦アリゾナは九七式艦上爆撃機 (旧中島飛行機、現在のスバル) による高度 3000m からの水平爆撃による 800 kg 爆弾で大爆発、沈没し 1177 名の兵士が犠牲となり記念館には全員の氏名が書かれた慰霊碑があります。

下船して記念館に移乗する時、「Ladies and gentlemen, in honor of a Pearl Harbor survivor, please be seated.」のアナウンスがあり 92 歳の戦艦ペンシルバニアの生存者の方が真っ先に下船されました。この方にお話しを伺ったところ硫黄島戦にも参加したとのことでした。「私の叔父も硫黄島で戦死した」と言ったら「Oh!」と握手してくれました。

一酸化炭素は無色無臭でありヘモグロビンと結合して carboxyhemoglobin を形成し、またミトコンドリア内の cytochrome と結合し酸素運搬を阻害します。Carboxyhemoglobin (COHb) は oxyhemoglobin(HbO₂)より 200 倍も親和性が高く急速に形成されます。

Carboxyhemoglobin10-20%はまず頭痛を起こし、20-30%で筋力低下、認知能低下、30-50%で心筋虚血、意識障害を起こし更に高濃度で死に至ります。
以前、別荘の囲炉裏で火を焚いていた夫婦が当院に一酸化炭素中毒で入院した
ことがありました。主訴は頭痛でした。

学生の頃、春休みに友人と韓国を1周しました。

関釜フェリーで韓国に渡りユースホテルや旅館を泊まり歩きました。

当時の日記を見ると経費は18日間で、韓国国内が36,405円、静岡から下関までの
往復交通費（新幹線など）が学割で11,732円、関釜フェリー往復（下関―釜山）8,800円
で総計56,937円でした。4,000円程で韓国へ行ってしまうというのが驚きでした。

旅館では暖房は大抵オンドルでした。オンドルとは煮炊きに使うかまどの煙を
石造りの床下に通すもので、床は漆喰で塗り上に油紙を貼ります。

1000年以上前から使われていたようです。

ポカポカとした床暖房でなかなか快適なものだなあと感心しました。

どうしてオンドルが日本で普及しなかったんだろうと不思議に思いました。

しかし韓国では床の漆喰のひび割れからの一酸化炭素中毒が多いのです。

100%酸素吸入で carboxyhemoglobin は急速に正常化します。

CO中毒は酸素投与6時間で改善するそうです。ですからCO中毒を疑ったら
6時間は酸素投与です！

COHbの半減期は4-6時間、純酸素で半減期は70-35分になります。

高圧酸素室だともっと早いのですが、へーと思ったのは、この総説によると
高圧酸素室はCO中毒改善には確かに良いのですが、wheezeや気道にdebrisが
あるような場合、減圧時にエア塞栓や気胸を起こす可能性があるというのです。
ですから正常圧100%酸素の方が安全です。

富士山五合目の売店に行くとポテトチップの袋がパンパンに膨れており
気圧の低さを実感できます。

潜水で急浮上すると肺がこうなるわけで必ず息を吐きながら浮上しなければ
なりません。The LancetのJan8, 2011の減圧病（Decompression Illness）の
総説によるとわずか1mから1.5mの浮上でも肺が破裂することがあります。
とくにblebやbullaのある時は危険です。

http://www.nishiizu.gr.jp/intro/conference/h26/conference-26_13.pdf

（減圧病、The Lancet, Jan8, 2011、西伊豆健育会病院早朝カンファランス）

Acidosis が長引く場合、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。

学生の頃、ミュンヘン近くの Dachau(ダッハウ)強制収容所を訪れました。普通の住宅街の中に広大な収容所があり死体焼却場、銃殺場などが残っています。途中、お父様がここで亡くなったという女性に会いました。涙を流されていました。KZ とは Konzentrationslager (強制収容所) のことです。

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

(ダッハウ強制収容所 ホームページ、 KZ-Gedenkstaete Dachau)

シアン化水素 (HCN) の沸点は 25.6 度なので室温で気化します。シトクロム等、生体へム鉄 Fe³⁺に配位し細胞内呼吸を抑制、ATP が減少します。

「cyanide 中毒は持続的 acidosis を起こす」ので、acidosis が継続する時はこの可能性を考えます。

2. 気道熱傷の治療

まず発症から 72 時間までの治療です。

気道熱傷全例に挿管が必要なわけではありません。特に皮膚熱傷 20%以下なら頭部挙上、湿潤空気、2 時間毎の観察で十分だろうとのこと。

20%以上の広範皮膚熱傷があり顔面浮腫、嗄声、stridor のある患者は、気道浮腫が発生する可能性が高いので挿管も考慮します。

一旦挿管したら再挿管は困難なことが多いので抜管されないように要注意です！

エアロゾル化した刺激物で bronchospasm を起こすことがあります。普通 β agonist 吸入で改善します。抗菌薬やステロイドの予防投与は必要ないそうです。CO 中毒は酸素投与 6 時間で改善します。

高圧酸素室は CO 中毒改善には良いのですが wheeze や debris があるような場合、減圧時に gas embolism や気胸を起こす可能性がありますので正常圧 100%酸素の方が安全です。

へーっと思ったのはシアン中毒には 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。

次に発症から 3 日から 21 日目までの治療です。
呼吸器はふつう pressure-controlled, lung-protective ventilation で十分です。
つまり TV を小さくせよということです。TV は 6ml/kg です。下記をご覧ください。
high-frequency percussive ventilation の意義は不明です。

http://www.nishiizu.gr.jp/intro/conference/h28/conference-28_10.pdf

（人工呼吸器での臨床的挑戦、The Lancet, April 30, 2016、西伊豆早朝カンファ）

また胸部理学療法（chest physiotherapy：胸壁の tapping、頭を下げてドレナージ）、
痰吸引を行います。

へパリン+N-acetylcysteine(ムコフィリン)のネブライザーが提唱されていますが
その意味は不明です。ネブライザーが頻回になると肺炎リスクが増すそうです。

抜管は再挿管が困難なことが多いので気道浮腫の消退を確認してからです。

特に小児では注意です。

気管切開は広範囲皮膚熱傷で挿管が 3 週以上に及ぶ時は考慮しますが、

気管切開はめったに第 1 選択にならないそうです。

当、西伊豆健育会病院では毎週、ケアネット TV を使って勉強会をしているのですが、
最近、「気道エコー」がアップされ大変勉強になりました。

Cricothyroid membrane 切開は触診だと結構、場所を間違えて事故が多いそうですが、
エコーにより正確に場所を同定できるのです。また気道内挿管、食道内挿管が
エコーで簡単にわかります。

自分でエコーを気道に当ててみて、なるほどなあ后感心しました。

3. 緊急時の人間行動の法則

以前、慶応義塾大学商学部吉川肇子（きっかわとしこ、災害心理学）氏の
「災害時の情報について考える」という講演でお聞きしたのですが、1972 年、
大阪千日前デパートで火災が起きました。

3 階から出火し 7 階のキャバレーにいた客が降りられなくなり 24 名が飛び降りて
22 名死亡、96 名はエレベーターに向かった支配人の先導効果でデパートの
中央へ行き一酸化炭素中毒で死亡しました。

緊急時の人間の行動には法則があります。
災害時、人はリーダーにつられて行動しようとし、
1人が1方向へ向かうとそれについて行ってしまうのです。
これを「先導効果」、または「同調行動」と言います。

また災害に会ったり山で迷うと人は今来た道に戻ろうとします。
いつもやり慣れたことをしようとするのです。
これを「優勢反応」、あるいは「慣習行動」と言います。
普段の「避難訓練」が重要な由縁です。
診療を口実に避難訓練をさぼったりしてはなりません！！

ホステスの一人は普段ダイエットの為、非常階段でキャバレーに上がり降りしていました。
このホステスは慣習行動（優勢反応）で非常階段を降り助かったとのこと。
ですから普段から地震に備えて、「だらだらでもいいから避難路を歩いておけ」
とのこと。避難路を普段の散歩道とするのがよいのです。
「災害対策は練習がすべて」です。

また群衆には「左側通行」の原則があります。
1平方メートルあたり0.3人以上の人がいると理由は判りませんが
自然に左側通行になるのだそうです。東京駅構内を歩くとよくわかります。
ですから群衆を避難誘導する時は左側通行とします。

また災害時「パニックが起こるのは極めて稀」なのだそうです。
災害時、「非現実的楽観主義」と言って自分だけは助かるだろうと思うのだそうです。
平常時と同じと考えようとするのです。「正常化バイアス」ともいいます。
ロンドン爆破テロの時も爆発直後は現場はシーンとしてパニック状況ではなかったのです。

パニックが起こるのはココナッツ林ナイトクラブ火災のように以下の4つが揃ったときのみです。

- ・生存の危機がある。
- ・生存できる可能性がある。
- ・脱出口が限られる。
- ・時間が切迫している。

また「人は直ちに行動しない」のです。
人は情報の意味が判るまで動きません。しかし理由のある依頼には承諾します。
「津波が来るので逃げて」などです。ですから避難を呼びかけるとき理由が必要です。
韓国のセウォル号沈没事故を見るとよくわかります。

「非現実的楽観主義（正常化バイアス）」で「平常時と同じ」と思いこもうとし、また「そのまま留まれ」と言われたために逃げ遅れました。

吉川肇子先生のお話しによると TDL（東京ディズニーランド）は群衆コントロールのお手本と言えるぐらい素晴らしいのだそうです。

TDL は開園時間が夏は 8AM から 10PM です。

大人 1 人 7,400 円もしますから皆、元を取ろうと夜討ち朝駆けで駐車場で待機、8AM 開園と同時に入口に殺到します。

西伊豆からだど皆家族で夜、車で出発し開場まで駐車場で寝ているのです。

入場口では着ぐるみのミッキー・マウス達が愛想を振りまき記念写真を撮ったりして、一斉入場に時間差をつけます。

以前、西伊豆のお祭りでレンタルのゆるキャラの着ぐるみを着た知人によると着ぐるみの中はひどく汗臭いのだそうです。

また入園すると、中で風船を配ったりマーチングバンドがいたりして、各アトラクションへの一斉猛ダッシュを防ぎます。

そして行列は一直線ではなくクネクネつづら折りにして入口が見えるようにし、

また「あと 30 分」の札を掲げたり、スタッフが話しかけたりして客のイライラを減らします。

TDL 出口では駅までの途中に土産物屋があり閉園時、一斉に駅に群衆が殺到するのを防ぎます。

一般の演奏会でのカーテンコールやアンコール、サッカー・野球の試合後選手インタビューも一度に客が帰るのを抑えるためだそうです。

ですからカーテンコールやインタビューは群衆コントロールの為、絶対に必要なのです。

吉川教授を三島まで車でお送りした際、嘆かれていたのは大学生の英語力の低下でした。慶応義塾大学でもそうなのかと心配になりました。

インターネットの時代になり英文を読む力はもはやデフォルト（できることが当然の能力）です。

中学、高校で英文法がおろそかにされた結果、英会話はよくできても英文を読む力が昔と比べて大変劣り、英語論文を与えても読めないというのです。

仮定法過去などちんぷんかんぷんだそうです。

それでは NEJM 総説「気道熱傷」の重要点 14 の怒涛の反復です！！

- ・熱傷面積 20%以上の患者で気道熱傷は独立した死亡予測因子。
- ・火災時の空気温度は床で低く、数十cm高いと数百度！匍匐前進せよ！
- ・直接の気道熱傷は一般に声門より上のレベルに限られる。
- ・工場など高圧の煙を吸い込むと声門以下に及ぶ。
- ・一酸化炭素中毒(COHb)はまず頭痛で始まる。

- ・一酸化炭素中毒は 6 時間 100%酸素投与！ 高圧室は減圧時エア塞栓起こすことも。
- ・持続的 acidosis はシアン中毒考え VB12 (hydroxocobalamin)投与！
- ・気道熱傷疑うのは鼻・口周囲熱傷、焼けた鼻毛、口内の煤、嘔声、wheeze/stridor。
- ・気道熱傷直後の胸部 X 線はたいてい正常！ CT は重症度判定に役立つ。
- ・熱傷面積 20%以下は頭部挙上、湿潤空気、2 時間毎観察で十分。

- ・20%以上広範熱傷、顔面浮腫、嘔声、stridor は要注意、挿管準備！
- ・再挿管は困難なので抜管されぬよう注意！
- ・抗菌薬、ステロイド予防投与不要。
- ・気道攣縮に β アゴニスト。