

ラット気管熱傷モデルによる肉眼的所見と 組織学的所見に関する研究

東京医科大学外科学教室 (指導: 加藤治文主任教授)

田 口 洋

【要旨】 気道熱傷の気管支鏡所見から、その粘膜損傷の深度を正確に診断することは臨床きわめて重要である。著者はラットの気管粘膜にバーナー照射により熱傷を作製した。その熱傷粘膜を手術用顕微鏡により観察し、肉眼所見と組織学的な損傷の深度および温度との関係を検討した。

気管切開したラットの気管粘膜に対し、彫金用バーナーにより、100°C、200°C、500°C、800°Cの4段階で、2秒間の火焰照射を行なった。それぞれの温度による熱傷粘膜を、照射直後と24時間後に観察し、各々組織学的に損傷深達度を検討した。

100°C、200°C照射例の観察では共に浮腫状粘膜変化が見られ、24時間後では粘調分泌物が見られた。この所見は臨床で経験する気道熱傷所見に類似していた。組織学的には剝離脱落上皮と粘調分泌物が、気管内腔をしめ、リンパ球、好中球を中心とする細胞浸潤を認めた。粘膜上皮は大部分損傷されるが、基底膜の残存した例で上皮の再生が確認出来た。照射後縫合して、長期生存が可能であった。

500°C照射例では粘膜は白色凝固様で、乾燥分泌物を認めた。組織的には粘膜上皮が完全に破壊され、軟骨基質の濃染、壊死が認められた。800°Cでは粘膜表面に褐色、黒色の凹凸を伴う凝固を認め、炭化を思わせた。組織的には気管壁は完全に破壊された。

粘膜上皮の再生は損傷深度が上皮までで、基底膜の残存するレベルまでにとどまることが必要であると考えられた。

結 言

気道熱傷は特に、火災時の熱傷患者の致命的な合併症として注目されてきた¹⁾²⁾³⁾。近年、救急医療の進歩と体制の整備、普及と共に、より積極的な治療の面からも注目され、重傷熱傷患者の常に念頭に置くべき病態として認識されつつある。気管支ファイバースコープの普及は気道熱傷の診断、治療をさらに容易なものとしたが、より詳細な重傷度診断が要求されつつある⁴⁾⁵⁾⁷⁾⁸⁾。しかしながら、損傷の発生機序や病態は複雑で、未だ不明な点も多く、完全には解明されていない。即ち、単に熱による気道粘膜の損傷だけでなく、煙、又は煙に含まれる化学物質による損傷や火災等の燃焼に伴って発生する種々の有毒ガスの吸引により気道が傷害されることも一因と考

えられている。一方、初期診断の立場からすれば、気管支鏡検査は必須で、上部気道粘膜の、熱性、化学性損傷の有無、部位、範囲、程度を把握した上で、その後生じてくるとされる他の病態をある程度予想しながら、呼吸および全身管理を施行せねばならない⁷⁾。又、臨床上、気管支鏡による粘膜損傷の所見から、損傷深度を推定することも、病態の重症度や予後を判断する上で重要となる。この観点に立ち著者は気管支鏡所見から、気道熱傷のより正確な重傷度診断を行なうべく基礎実験を施行した。ラット気管粘膜に、バーナー照射による熱傷を作成し、温度による粘膜上皮の肉眼的変化を手術用顕微鏡で観察した。同時に切除標本を作成し、組織学的な損傷深度との関係を検討した。

1995年6月6日受付, 1995年7月10日受理

キーワード: 気道熱傷, 気管粘膜上皮, 損傷深達度, 基底膜, 再生 (組織修復)。

(別刷請求先: 〒185 東京都国分寺市西元町4-8-1 田口 洋)

材料および方法

(1) 熱傷の作成方法

ラット (230 g~640 g: 平均 440 g) 33 頭を使用した。

エーテル基礎麻酔の後、ネンプタール腹腔内注入麻酔を行なった。ネンプタールは 30 mg~40 mg/kg を生理食塩水にて 10 倍に希釈して、腹腔内に投与した。

頸部正中の鎖骨部より下顎部まで剃毛して、ヒビテン液により消毒後、皮膚切開は正中縦切開とし、左右の頸筋群を剝離し、気管前壁を充分露出した。気管の切開も縦切開で鎖骨上部から喉頭直下までとした。切開に先立ち、気管軟骨間溝の毛細血管網と甲状腺狭部は、切開後の出血による窒息を予防するため、バイポーラ電気メスにより充分焼灼した。気管切開縁をコッヘル鉗子により把持して左右に開大した。家庭用アルミホイルに小穴を開け、気管粘膜以外の周囲組織への火焰暴露を防止した。

火焰は彫金用ガストーチ (PRINCE, GT-3000 MICRO TORCH) のものを用いた。

火焰の温度はガスの容量等によって左右されるので、高精度温度計 (DELTA, DIGITAL THERMOMETER, MODEL MC-20T) を用いて目的の温度を得る距離をその都度設定し、膜様部側の粘膜面に対して 2 秒間照射した。

粘膜の観察と写真撮影は手術用顕微鏡 (TOPCON, OPERATION MICROSCOPE, MODEL OMS-100) を用いた。

焼灼後、気管内分泌物を吸引の後、6-0~10-0 の針付きナイロン糸で、Air leakage を起こさない間隔で縫合閉鎖し、さらに筋層縫合、皮膚縫合を行なった。皮膚消毒の後ノベクタンスプレーにより創面を保護した。

それぞれ 12 頭, 9 頭, 5 頭, 2 頭のラットに対し、100°C, 200°C, 500°C, 800°C の四段階の設定温度で 2 秒間火焰照射した (表 1)。火焰照射時間を 2 秒とした理由は、臨床上経験する気道熱傷症例では密閉室内の爆発による受傷例が多く、局所障害は瞬間的に起こると思われることと、実験の手技上、確実に粘膜面の設定温度障害を得るのに必要であるという点で設定した。

(2) 観察方法

直後の観察は全例に手術用顕微鏡を用いて行い写真として記録した。直後の組織学的検討のために、それぞれの設定温度のもの、4 頭, 2 頭, 1 頭, 1 頭を犠牲死させた。

24 時間後は設定温度のもの 2 頭, 4 頭, 2 頭, 1 頭に対し再麻酔下で再切開し、観察、記録の後、深麻酔により障害気管を摘出した。

気管の切除は上方は喉頭、下方は縦隔内気管を含めて切除した。組織切片は図 1 の如く切り出した。

結 果

実験に使用した全ラット数と生存時間を表 1 に示した。100°C 照射例は 12 頭で、最長 3 カ月間生存し

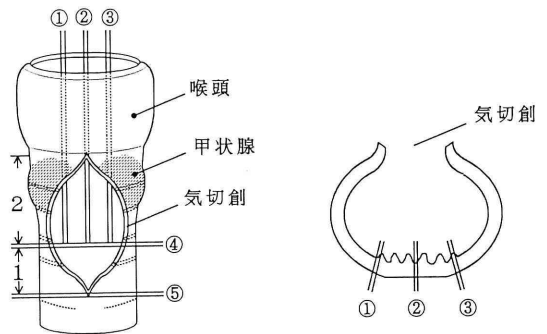


図 1 組織標本作製図 (切り出し方)

表 1 実験ラット数と生存時間

800°C 2 秒間照射例	○	○						
500°C 2 秒間照射例	○	○△		●●				
200°C 2 秒間照射例	△●	○△△△		△	△		○	
100°C 2 秒間照射例	○●●●	△△	△	○	○	△	○	○
気切後縫合例	△	○		○				
皮膚 筋肉切縫例	△	△						
	直後	1 日目	2 日目	3 日目	1 週間目	2 週間目	3 週間目	3 カ月目

○ 生存例 △ 直前迄生存例 ● 死亡例

た。200°C照射例は9頭行い、最長3週間生存した(図8)。500°C照射例は5頭で、3日目までに2頭が死亡した。800°C照射例は2日目以降の長期生存は望めないと判断し、直後と24時間後のそれぞれ1頭ずつとした。

対照群 (気管切開のみ) (n=3)

実験に先駆けて、単なる気管切開と縫合処置に伴う気管粘膜の変化を観察した。24時間後の気管内には多少の分泌物を認めるが発赤や浮腫は見られず、組織学的にも線毛円柱上皮はきれいに配列し、細胞浸潤等も見られなかった。

1. 100°C 2 秒間照射例 (n=12)

a) 粘膜所見

① 照射直後: 急激に透明水性浸出液が粘膜表面に浸みだし、粘膜は浮腫状となるが、粘膜下の毛細血管網は透見出来た。数分後には透明だが白っぽく混濁し、毛細血管網は不明瞭となり浮腫は増強した(図2)。

濁し、毛細血管網は不明瞭となり浮腫は増強した(図2)。

② 24時間後: 黄白色の粘調分泌物が気管内腔に見られた。粘膜そのものは浮腫状となり、気管末梢からは呼吸性に入りする水性分泌物も観察された。毛細血管網は比較的明瞭に透見出来た(図3)。

b) 組織学的所見

① 照射直後: 粘膜の損傷は、上皮が膨化して剝離し、デブリス様に見える部分、基底細胞を残す部位、基底膜だけを残す部位と多彩で、リンパ球と好中球の細胞浸潤が粘膜下まで見られた。潰瘍を作るにはいたっていない(図4)。

② 24時間後: 内腔を閉塞する分泌物は繊維素、炎症細胞および組織破砕物からなり、細胞浸潤はリンパ球が目立つが、好中球も血管内や脂肪織内に認められ、上皮下には出血も見られた。部分的にはピラ

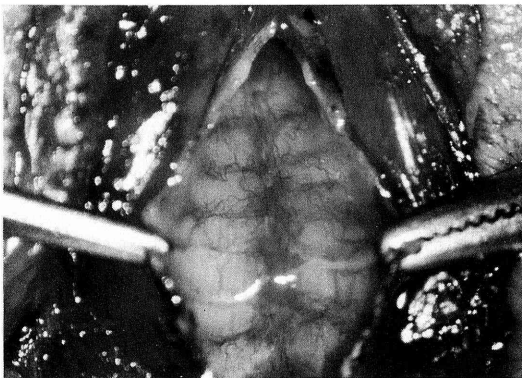


図2 100°C 2秒間照射直後の粘膜所見: 殆ど正常粘膜所見に近い。



図4 100°C 2秒間照射直後の組織所見(×100): 僅かに残る基底細胞とペラーク。



図3 100°C 2秒間照射1日目の粘膜所見: 気管内腔を満たす膿苔様分泌物。

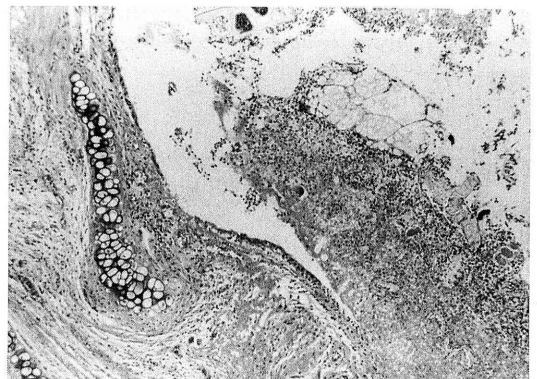


図5 100°C 2秒間照射1日目の組織所見(×100): 内腔に突出するフィブリン塊。

ン形成も認められた (図 5)。

2. 200°C 2 秒間照射例 (n=9)

a) 粘膜所見

① 照射直後:基本的には 100°C 照射時の所見に近く,直後より局所に漿液性分泌物が見られた。毛細血管は鮮明だが浮腫状所見は強かった。

② 24 時間後:粘調分泌物と泡沫状分泌物が見られ,浮腫状所見は増強していた。

b) 組織学的所見

① 照射直後:上皮は大部分で剝離し,内腔にデブリスを形成するが,100°C 照射例で見られたリンパ球を主体とする細胞浸潤は少なかった。基底膜はわずかに確認出来た。

② 24 時間後:基底膜だけを残し,上皮細胞は殆どみられず,外膜の浮腫と脂肪織内の細胞浸潤も一部に見られ,軟骨基質の濃染が認められた (図 6)。

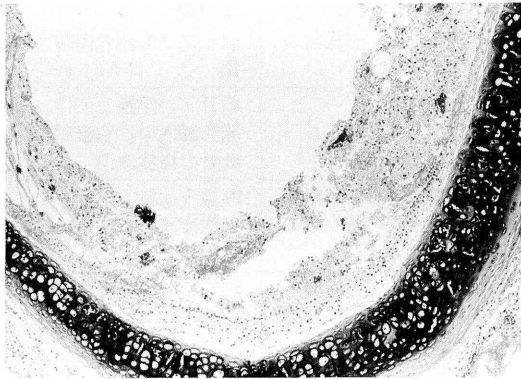


図 6 200°C 2 秒間照射 1 日目の組織所見 (×100):
基底膜の僅かな残存。

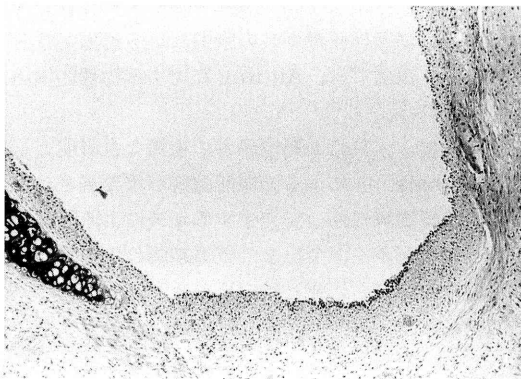


図 7 200°C 2 秒間照射 7 日目の組織所見 (×100):
上皮細胞の僅かな再生。

一週間後には内腔がきれいになり,上皮の再生が始まり,三週間後には部分的にはあるが,線毛円柱上皮の再生が確認された。基底膜の残存が上皮再生の重要な条件であることを示唆した (図 7, 8)。

3. 500°C 2 秒間照射例 (n=5)

a) 粘膜所見

① 照射直後:粘膜は照射と同時に蒼白となる。しばらくして水様分泌物が出現して水々しく見えるが,白色粘膜変化は気管軟骨に沿ってそのまま残存した。

② 24 時間後:分泌物はむしろ少なく乾燥泡沫状に認められた。粘膜の毛細血管構造は不明瞭となるが一部で僅かに保たれた。

b) 組織学的所見

① 照射直後:上皮は剝離され殆どみられず,粘膜下組織は浮腫状で細胞反応は殆どなかった。軟骨基質は濃染し, lacuna の拡大が認められた (図 9)。

② 24 時間後:直後の所見と同様で,組織反応は全く見られなかった。

4. 800°C 2 秒間照射例 (n=2)

a) 粘膜所見

① 照射直後:粘膜は瞬時に白変し,上皮の凝固様の凹凸が残る。その一部は炭化して黒褐色にみえた。

② 24 時間後:分泌物は見られず,粘膜は乾燥し,軟骨が浮き出していた。

b) 組織学的所見

① 照射直後:照射中心部分の気管壁は完全に破壊され周辺部にまで及んだ (図 10)。

② 24 時間後:直後の所見と同様で,組織反応も全く認めなかった。

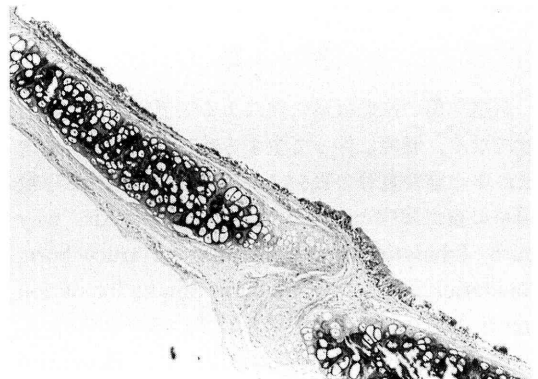


図 8 200°C 2 秒間照射 3 週目の組織所見 (×100):
部分的な線毛円柱上皮の再生。

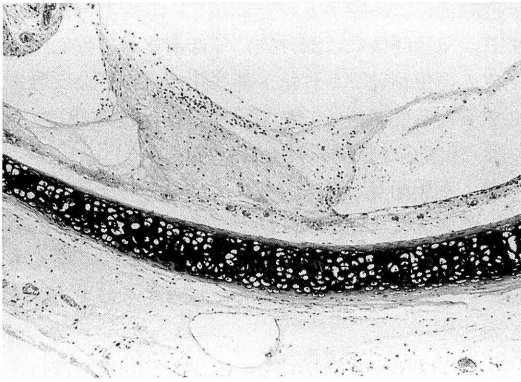


図 9 500°C 2 秒間照射直後の組織所見 (×100) : 上皮・上皮下の損傷と軟骨の濃染。

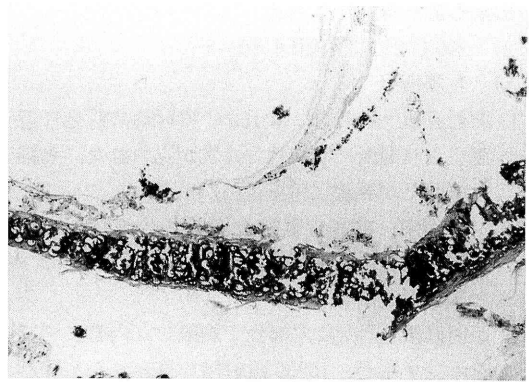


図 10 800°C 2 秒間照射直後の組織所見 (×100) : 軟骨および気管壁の完全破壊。

表 2 照射温度と粘膜・組織所見

	粘 膜 所 見		組 織 所 見	
	照射直後	24 時間後	照射直後	24 時間後
100°C 2 秒照射	水性浸出液透 毛細血管が透見 正常粘膜様所見 軽度の浮腫	粘調分泌物 臨床例に類似 毛細血管明瞭	フィブリンと細胞 浸潤を含む剥離上皮 基底細胞, 基底膜の 残存	リンパ球を主とする細胞浸潤 フィブリン塊の内腔突出 ビラン (+)
200°C 2 秒照射	漿液性分泌物 毛細血管の透見 軽度の浮腫	泡沫状分泌物 粘調分泌物 水みずしい浮腫状	上皮剥離 デブリス形成 基底膜の残存	軟骨下の浮腫 脂肪織内の細胞浸潤 軟骨の軽度濃染
500°C 2 秒照射	瞬時に蒼白 漿液性分泌物	泡沫状分泌物 毛細血管不鮮明化	上皮の破壊・剥離 基底膜の破壊 lacuna の拡大	粘膜下組織の破綻 細胞浸潤無し 軟骨の濃染
800°C 2 秒照射	瞬時に白変 上皮の凝固様凹凸 炭化様褐色	分泌物無し 白色固定粘膜 気管軟骨の突出 毛細血管不明瞭	粘膜下組織の破壊 軟骨の萎縮変性壊死 細胞浸潤無し 基底膜の破壊消失	気管壁の完全破綻

それぞれの温度による粘膜熱傷の特徴所見を表 2 に記した。

考 察

気道熱傷の病態は単に熱による気道粘膜の損傷だけでなく、燃焼に伴って生ずる熱、煙、燃焼物に含まれる化学物質等の吸引により引き起こされる呼吸器系の複合障害と考えられ、英語でも、Air way burn, Inhalation burn, Respiratory tract burn, Inhalation injury, Smoke burn, Smoke inhalation injury と色々の表現が用いられている¹⁾²⁾⁷⁾¹³⁾¹⁵⁾。しかし、障害因子が咽頭や喉頭に留まるか、Bronchial tree さらに末梢の細気管支や肺胞のレベルに達するかは、事故の発生状況によると思われる⁷⁾。即ち、

火災現場での長時間に及ぶ熱、煙、有毒ガスの暴露と、ガス爆発等の短時間の爆風や熱による障害とは異なる。前者は有毒ガスの吸引による病態が懸念されるし、後者では、Air way に対する物理的損傷が心配される。

歴史的に、火災時の熱傷患者の重篤な合併症としては、Inhalation による肺機能障害が重要視されたため、煙や燃焼に伴って発生するガスによる障害に関する研究が多く、今日まで気道粘膜の熱性損傷そのものについての研究は殆ど見られない。

Moritz AR. ら¹⁰⁾ や佗美ら¹¹⁾ は単に高熱ガスを吸入しても、気道を通過する間に急激に冷却され、初めの熱容量は気管支末梢に及ばないとしている。又、閉所でのガス爆発の場合でも、エネルギーの多くは

空気の振動によるもので、熱エネルギーはむしろ小さいとされている。臨床的に経験されるものでは、タバコの火のような小さな熱エネルギーで起きるガス爆発によって起きるものが、それに相当する。一方、火災での急激な激しい燃焼、即ち、フラッシュオーバーの際¹²⁾では、顔面、上部気道熱傷は軽微でも、Bronchial treeに高度の熱傷を起こすことが知られている。火災現場の長時間の暴露は別としても、サウナ風呂のような高温状態でも短時間では気道熱傷は起こらない。体液の循環により、体表や気道粘膜表面に防御反応として低体温層が形成されると考えられるが、限界温度を越える熱容量があれば、短時間でも熱傷が起こり得るであろう。前述したように、気道熱傷の病態は気道局所の熱障害と付随する他の物理的および化学的因子による複合障害ととらえられ、総合的に治療が施されているが、現在のところそれは悲観的状况である。より理想的な治療には各障害因子の生体におよぼす影響の一つ一つについて、その病態生理学が理解される必要がある。気道そのものの熱傷の発生機序、治癒過程を知ることは、他の全ての障害が解決された後に問題になる気道狭窄の対処に重要である。

Flexible Bronchofiberscopeの進歩と普及はBronchial treeまでの上部気道損傷の初期診断、観察、治療を臨床的に可能にしてきた。閉所での爆発、顔面の熱傷、鼻毛の燃焼やススの付着などの認められる熱傷患者に対して、積極的に気管支鏡検査が行なわれ、その粘膜所見や治癒過程を詳細に観察した報告は、臨床例で多く見られるようになってきた⁴⁾⁵⁾⁹⁾¹⁵⁾。しかしながら、各々の症例の重傷度はまちまちで、気道熱傷の初期診断の時点で、粘膜損傷の深達度や範囲、その組織再生の可能性や、その後発生するかもしれない複雑な病態を正確に判断することは極めて難しく、未だ統一を見ない。すでに共同研究者と共に、気道熱傷者の気管支鏡所見から粘膜損傷の深達度を推測出来るかについて検討したことがある⁷⁾。

今回の実験は障害温度と障害の深達度を調べて組織修復の形態を予想し、その後の対処に役立つ内視鏡所見を確立しようと試みたものである。100°C照射例の粘膜損傷では、気管粘膜の線毛円柱上皮と基底細胞レベルの損傷にとどまり、少なくとも基底膜は保たれた。200°C照射例では、一部に基底膜が僅かに残存するほどのもので、上皮の再生は期待出来る

ものの癒痕治癒を思わせる所見であった。500°C、800°C照射例は、軟骨破壊を伴う気管壁全層損傷が認められ、癒痕狭窄が予想されるものであった。この組織学的所見は実体顕微鏡による粘膜所見から予想され得るものであった。しかし、100°Cでも観察された内腔を閉塞する粘調分泌物に組織破砕物が混在したことは、小さな範囲でもより深い組織損傷の存在を裏付けるものであり、これは一般に気道熱傷患者の特徴的所見である。今回の実験は局所温度が100°Cで組織障害は軽度であったことを示しているが、外気温度125°C以上あれば組織障害を来するという実験結果⁸⁾もある。一方成田ら⁹⁾は、気管軟骨の破壊により内腔の変形を来たして窒息死した症例を報告し、その気管分泌物の中に軟骨片を認めたことを述べていること、更に実験的に500°C照射例で見られた軟骨破壊所見や、800°Cでの気管全層に及ぶ組織破壊が認められたことは、損傷が治癒しても大きな癒痕が形成されることが予想され、気道の変形、狭窄を来たす結果、喀痰排出機能の低下や、その他の呼吸障害を引き起こすことは充分想像される。今回の実験から、白色粘膜で乾燥した泡沫状の分泌物や、上皮の凝固様の凹凸、褐色黒色の炭化様部分の存在は大きな組織破壊を示唆するもので、早急な治癒機転は期待されず、損傷範囲によっては致命的な合併症を覚悟しなければならない所見であると同時に、将来的には大きな癒痕を残すことを予想させる所見である。

以上、気道粘膜の完全な修復と癒痕形成の程度は損傷深達度によるが、局所温度200°CがCriticalで、これ以下なら基底膜の残存が期待され、機能的に良好な組織修復が可能であると考えられた。実際の事故の場で経験する奇異な現象、即ち、病変がなぜskipするのか、低温でも予想される程度以上の熱傷が起こるかなどは依然として不明である。一つの考えとして、ある一点に大きな熱容量が集中する機転が予想されるが、その解決には病変の分布、障害の形態、程度と事故状況の詳細な検討に加えて、生体内の熱伝導のしくみについても研究される必要がある。

結 論

ラット気管粘膜のパナーによる火焰照射で生ずる熱傷は、設定温度の熱気吸入で生ずる熱傷と異なり、熱容量そのものによる粘膜損傷と考える。

(1) 100°C, 200°C 照射例の観察では、浮腫状の肉眼所見にとどまる症例は組織学的に基底膜が残存している可能性が高く、組織修復が容易と思われる。

(2) 500°C 照射例では、肉眼所見で白色、蛋白変性があるものは基底膜層、軟骨も破壊され、組織修復が困難と考える。

(3) 800°C 照射例では、粘膜表面に褐色、黒色の凹凸を伴う凝固を認め炭化を思わせた。組織学的には気管壁は完全に破壊された。

(4) 粘膜上皮の再生は損傷深度が上皮レベルにとどまり、少なくとも一部に基底膜が残存することが必要であることを示唆された。

稿を終えるに臨み御指導、御校閲を賜りました東京医科大学外科加藤治文教授ならびに小中千守助教授に深謝致します。又、本研究に対し終始御指導、御協力下さいました鈴木恒道博士をはじめとする東京警察病院病理検査部の各位、実験をお手伝い下さいました津端 徹先生に心から感謝致します。

なお、本研究の要旨は、第 13 回日本気管支学会総会に報告した。

文 献

- 1) Cope, O.: Management of the coconut grove burns at the Masachusetts General Hospital. *Ann. Surg.*, **117**: 801~802, 1942
- 2) Aub, J. C., et al.: The pulmonary complication: Clinicalsymptom. *Ann. Surg.* **117**: 834, 1943
- 3) Mallory, T.B. & Brickley, W.J.: Pathology: With special reference to the pulmonary lesion. *Ann. Surg.*, **117**: 864~884, 1943
- 4) 於保健吉, 他: 気道熱傷の気管支鏡所見, 特に気管支鏡所見の推移を中心にして, *気管支学*, **2**: 47~52, 1980
- 5) 内藤 淳, 他: 気道熱傷の気管支鏡所見, *気管支学*, **12**(5): 450~456, 1990
- 6) 成田博美, 他: SLI 工場火災による気道熱傷—受傷 205 日目に死亡した一例—, *熱傷*, **10**(2): 86~93, 1985
- 7) Taguchi H., et al.: Bronchoscopy in airway burn, *Panminerva Medica*, **28**: 211~215, 1986
- 8) 赤間洋一, 他: 気道熱傷の実験的研究, *救急医学*, **8**(4): 499~504, 1984
- 9) 船津秀夫, 他: 気道熱傷の気管支鏡所見と初期対策, *熱傷*, **14**(1): 22~29, 1988
- 10) Moritz AR, et al.: The effect of inhaled heat on the passages and lungs; An experimental investigation, *Am. J. Pathol.*, **21**: 311~331, 1945
- 11) 佐美好昭, 他: 気道熱傷, ICU と CCU, **7**(11): 1079~1089, 1983
- 12) 今津 博, : 火災と煙とガス, : 1974,
- 13) Abdi S., et al.: Inhalation injury to tracheal epithelium in an ovine model of cotton smoke exposure. Early phase (30 minutes), *Am. Rev. Respir. Dis.*, **142**(6 Pt 1): 1436~1439, 1990
- 14) Freitag L., et al.: The role of bronchoscopy in pulmonary complications due to mustard gas inhalation, *Chest*, **100**(5): 1436~1441, 1991
- 15) Stone H.H. & Martin J.D. Jr.: Pulmonary injury associated with thermal burns, *Surg. Gynecol. Obstet.*, **129**: 1242~1246, 1969

Macroscopic and Histologic Evaluation of Effects of Burns at Various Temperatures in the Rat Trachea

Hiroshi TAGUCHI

Department of Surgery Tokyo Medical College
(Director: Harubumi Kato, M.D., Ph. D.)

In cases of airway burn it is extremely important to be able to estimate the depth of burn based on the bronchoscopic appearance. We performed an experimental study on airway burn in rats and examined the burned mucosa microscopically to correlate the findings with the macroscopic appearance and determined the relationship with the temperature of the burn causing the injuries.

The rat trachea was exposed by a longitudinal incision under the operative microscope. Using a jeweller's welder and under nembutal anesthesia, we inflicted burns for 2 seconds at 4 temperature

levels : 100°C, 200°C, 500°C and 800°C. The burned mucosa was examined immediately after the burn and 24 hours later after reincision of the trachea, and the findings were recorded.

Then the animals were sacrificed after 24 hours and mucosa was resected and examined histologically to evaluate the depth of burn.

Following burns at 100°C and 200°C, the mucosa looked watery and edematous, while at 24 hours later the mucosal surface was covered by secretions, with a moss-like appearance. These findings closely resembled the appearance of burned airway in clinical cases. Histologically, the tracheal lumen contained exfoliated epithelium and mucosal secretions, and infiltration of lymphocytes and neutrophils was recognized. Most of the mucosal epithelium was injured, but in cases in which the basal membrane was preserved the regeneration of the epithelium was recognized. It appeared that after the burn experiment long-term survival would be possible.

In rats with 500°C burns the mucosal showed white coagulation, dried secretions and histologically the epithelium was completely destroyed with vacuolation of cartilage and necrosis. At 800°C the mucosal surface turned brown and showed an irregular surface, black or brown in color, accompanied by coagulation and carbonization. Histologically the tracheal wall was completely destroyed.

The results of this study showed that it is very important for the depth of burn injury to be limited to the epithelium, with preservation of the basal membrane, in order to allow regeneration of the epithelium.

〈Key words〉 Airway burn, Mucosal epithelium, Basal membrane.
