HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	医用レーザー外科診療における安全看護管理の検討 : レーザーメスによる気管内チューブ発火例と安全対策
Author(s)	佐藤, 洋子; 宮島, 直子; 佐野, 文男; 大沢, 修子; 宮川, 純子; 三浦, 哲夫; 紺野, 繁雄
Citation	北海道大学医療技術短期大学部紀要, 4, 117-127
Issue Date	1991-12
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/37523
Type	bulletin (article)
File Information	4_117-128.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

医用レーザー外科診療における安全看護管理の検討
―― 〝レーザーメスによる気管内チューブ発火例と安全対策〟 ――

佐藤　洋子・宮島　直子・佐野　文男
大沢修子*・宮川　純子*・三浦　哲夫*・紺野繁雄**

A STUDY ON SAFETY NURSING AND ADMINISTRATION ROLES IN LASER SURGRY
CASE-STUDIES OF CATCHING FIRE IN A TRACHEA BY LASER IRRADIATION AND TAKING SAFETY MEASURES.

Yohko Satoh, Nahoko Miyajima, Fumio Sano
Syûko Ohsawa*, Junko Miyakawa*, Tetuo Miura*, Shigeo Kaseno**

Abstract

Laser technology has been successfully adapted for medical use, particulary, laser surgical techniques have the additional advantages of a bloodless operative field and complate sterility. However, the lgnition of an endtracheal tube was caused by laser penetration of an unprotected portion of the tube during operation of the circumference on laryngel.

The authers have experienced two catching fire accidents of a tube in the trachea since 1979 in our hospital.

case 1 : age 58, male, disease : hemangioma of left vocal cord

Fire was catched by CO_2 laser irradiation at the operation of cutting off hemangioma with a directoscope in the larynx. He got the first grade burn in his mouth, but not abnormal at larynx and airway mucosa. He recovered by local treatment, and left hospital two weeks after the operation.

case 2 : age 6, male, disease : subglottic stenosis

Fire was catched by Nd-YAG laser irradiation at the operation of cutting off granulation tissue in the stenosis with a directoscope. But he was not abnormal and went back to a ward.

The measures of protection from laser beams, aluminum foil or wet gauze with normal saline solusion has been used. We studied the safety of these protection measures, and got following results :

1) PVC tube is easily perforanted by CO_2 laser irradiation. Nd-YAG laser sometimes perforates the tubes when letters on the tube are irradiated. Tubes for lasers are not easily perforated, but the tube surface temperature is high.

北海道大学医療技術短期大学部
＊北海道大学医学部付属病院手術部
＊＊北海道大学医学部付属病院麻酔科

2) Aluminum foil is effective for the protection of tubes, but it is dangerous because of the reflection from the surface of aluminum foil. Safety of wet gauze with normal saline solution for tube protection is limited.
3) Wet gause with normal saline solution is not reliable for the protection of operating field.

要　　旨

喉頭気管周囲のレーザー手術においては、気管内チューブへの誤照射による発火損傷の危険性が高い。

われわれは、レーザー光への保護対策として従来用いられているアルミ箔や生食浸漬ガーゼの使用に関する安全性について検討し、以下の結果を得た。

1) ＰＶＣ製チューブはCO_2レーザーで容易に穿孔する。Nd-YAGレーザー使用時チューブ上の文字に照射されると穿孔する場合がある。レーザー用チューブは穿孔しにくいが、チューブ表面温度は高い。

2)アルミホイルはチューブ保護としては有効であるが、表面からの反射による危険性が高い。チューブに対する生食浸漬ガーゼ保護による安全性には限界がある。

3) 手術野の保護として生食浸漬ガーゼは不確実である。

以上より、レーザー手術時には従来にもまして安全に方する注意が必要である。

1．緒　　言

近年医用レーザー装置は様々な領域に応用され，患者をはじめレーザー診療に関わるスタッフが事故に遭遇する機会が少なくない[1]。特に気管内挿管チューブへの誤照射の危険性の高い頭頸部のレーザー手術においては，気管内チューブ発火事故の危険性が高く[2,3,4,5]，患者・医師・看護婦・臨床工学技士などを中心とした安全への対応が要求され，とりわけ手術期における安全な物品選定，使用法，環境整備，スタッフ教育など看護上の安全管理が重要視されている。

現在，メスとして使用されているレーザーには，CO_2レーザー，Nd-YAGレーザー，アルゴンレーザーがあり，これらは光のエネルギーを主に熱として利用するもので，生体組織の切開，凝固，蒸散などによるメス的な応用を目的としている。われわれは，レーザー手術を開始した1979年以来2例の気管内チューブ発火事故をCO_2レーザーメス，Nd-YAGレーザーメス使用時に経験し[6,7]，これらのレーザーメス使用手術時の安全対策について検討を進めているが[7,8,9,10]，今回は本事故例を報告するとともに，レーザーメス使用時の気管内チューブ発火予防対策について実験的に検討したので報告する。

2．気管内チューブ発火事故とその要因

2.1　発火事故事例

事例1：58歳，男性，病名：左声帯血管腫
手術名：血管腫切除術（喉頭直達鏡下）
麻酔：笑気2 *l*/min，酸素2 *l*/min，halothane 1.0%吸入により麻酔維持。使用気管内チューブ：塩化ビニール製，カフ付き。使用レーザー：CO_2レーザー，出力＝17 W，照射時間＝0.1 sec，照射回数40回。状況：レーザーによる腫瘍切除の完了間際に，患者口腔内より黒煙が吹き出し誤照射を発見。ただちに燃えている気管内チューブ（図1）を抜管し，別の気管内チューブを挿管した。口腔内検索により左披裂部，下咽頭，左中咽頭，軟口蓋に第1度熱傷が認められたが，喉頭や気管粘膜には異常が認められず，局所処置とステロイドホルモン，抗生物質の全身投与にて経過観察。手術後は著明な口腔内疼痛と軽度の嚥下障害をきたしたが，局所療法にて2週間後に完治した。

事例2：6歳，男性　病名：左声門下狭窄

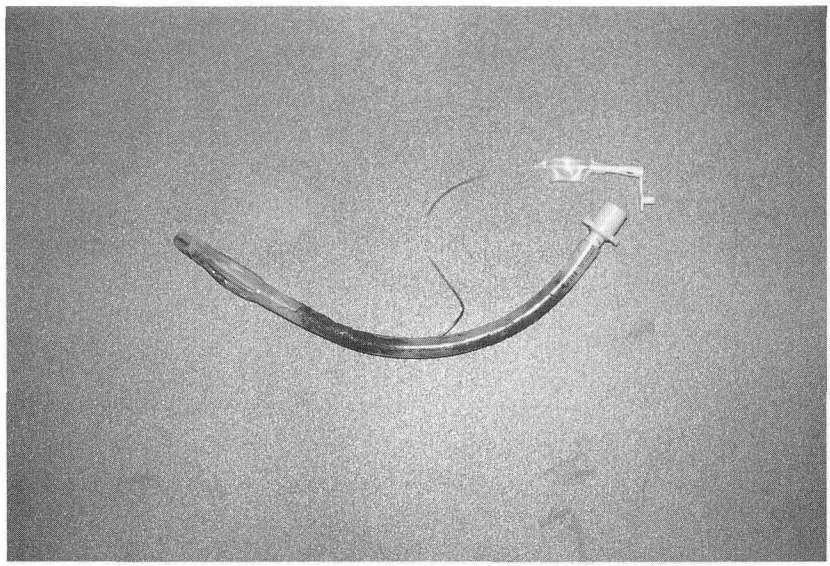

図1　発火により一部変形しているチューブ（事例1）

手術名：肉芽切除術（喉頭直達鏡下）
麻酔：笑気2 *l*/min，酸素2 *l*/min，halothane 1.5%吸入により麻酔維持。使用気管内チューブ：塩化ビニール製，カフなし（気管切開部より挿管）。使用レーザー：Nd-YAGレーザー，出力＝20～24 W，照射時間＝9.9 sec。状況：腫瘍のほぼ1/2切除したころで口腔内および人工鼻より黒煙が吹き出し発火を確認。直ちに気管内チューブ（図2）を抜管し，アルミ箔保護気管内チューブを挿管。呼気時の発火であったことと迅速な対応の結果，気道粘膜上に異常はなく，予防的にステロドホルモンおよび抗生物質を全身投与しつつ手術は続行。手術後も特に異常所見は見られずに経過した。

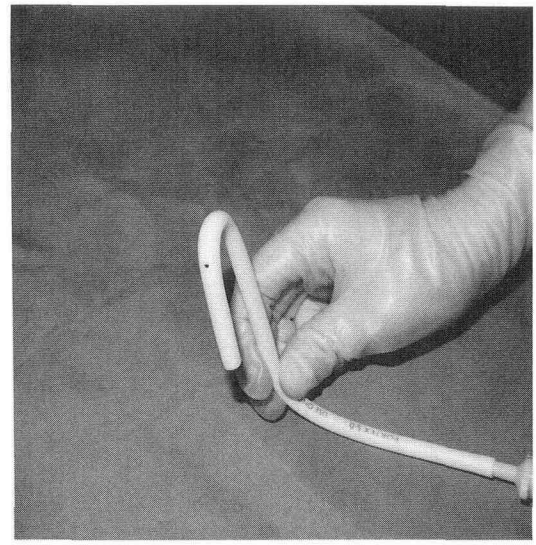

図2　事例2に使用したものと同種の気管内チューブ
（黒点の部分が穿孔部，内壁は煤で真黒であった）

2.2　チューブ発火要因

事故事例を安全管理上の視点から検討すると気管内チューブ発火事故の要因は，以下の4点に分類できる。

1）チューブ選択の不備

気管内チューブの発火は，チューブ材質の耐熱性，耐燃性の程度に左右される。したがってチューブの穿孔発火をきたす可能性の少ない材質のチューブを選択する必要がある。

2）チューブ保護の不備

一般に，アルミ箔や生食水浸漬ガーゼで覆うことが有効とされている。

3）手術者の操作不慣れによる誤照射

4）リスクの高い手術環境

レーザーメス自体が高エネルギーであること。また，使用器材からのレーザー光の反射や助燃性の高い酸素などの存在，あるいは狭い手術野。

以上より，安全な手術環境，安全な使用器材の選択，手術者が手術野に集中できるための役割，危険予防措置などレーザー手術における看護婦の安全管理上の責任は大きいと考えられる。

3．研究方法

レーザーの種類，出力（W），照射時間（t），照射距離（D）別に気管内チューブの保護条件について検討した。

3.1　気管内チューブの穿孔条件と表面温度

1）気管内チューブ素材

本実験では，従来用いられている4種類の素材の気管内チューブ，レーザー耐用チューブを用いた（図3）。

チューブ1：PVC製素材（透明）

チューブ2：PVC＋シリコン製素材

チューブ3：PVC製素材（ライトブルー）

チューブ4：レーザー用素材（ホワイトジルコニア系物質混合・白色）

注）PVC：polyvinyl chloride（塩化ビニール）

2）照射方法・条件

CO_2 レーザーおよびNd-YAGレーザーメスの非接触型（coagulatorを使用）は出力を10 W，20 W，30 W，40 W，50 Wまで，接触型（Al_2O_3 rodを使用）は30 Wまでとし，一回照射時間を0.1～1.0秒（0.1秒づつ延長）に設定し，チューブ表面から0～10 cmの位置で照射した。なお，本実験に使用した機材，器具類は表1に示した。

3）測定項目

①レーザーの種類および照射条件別チューブ壁穿孔の有無

②レーザーの出力別に穿孔時のチューブ表面温度および非穿孔時は1秒照射時のチューブ表面温度（温度測定の上限は150℃に設定した。）

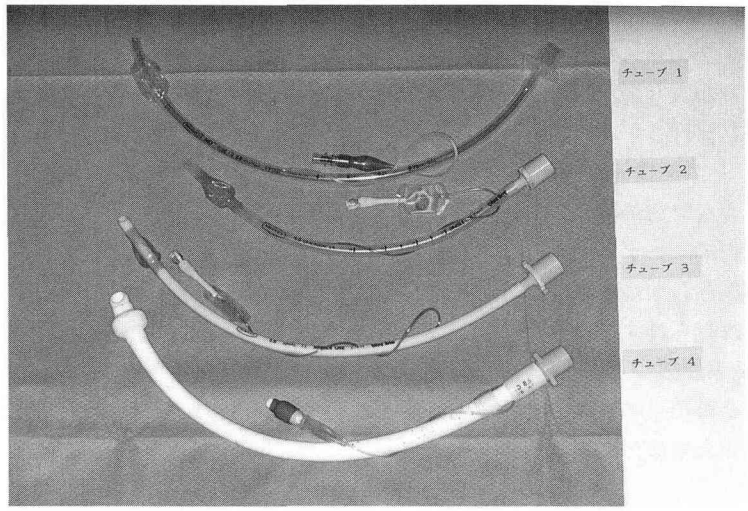

図3　本実験で用いた気管内チューブ4種
チューブ1：PVC製素材（透明）
チューブ2：PVC＋シリコン製素材
チューブ3：PVC製素材（ライトブルー）
チューブ4：レーザー用素材（ホワイトジルコニア系物質混合・白色）

3.2　チューブの保護の有効性

1）アルミ箔保護チューブの照射方法

従来用いられている保護手段として，50 mm 幅のアルミ箔粘着テープを表面の凹凸が少なくなるようにＰＶＣ製チューブに巻きつけ照射した（図 4 ）。

2）ガーゼ保護チューブの照射方法

通常保護用に用いられてる乾ガーゼ 5 枚に生理的食塩水 50 g を浸漬させたガーゼを用いてチューブ表面を保護し照射した。

3）照射方法・条件

3.1，2）照射方法・条件に同じ。

3.3　金属手術器具表面からの反射

1）照射方法・条件

保護アルミ箔（裏面糊付）および 50 mm 巾の自在鈎にレーザー照射し，反射出力および反射壁面温度を測定した。

CO_2 レーザー，Nd-YAG レーザー（非接触型）のハンドピース先端は，図 5 に示すように反射面に対して入射角 40 度，3 cm の距離で固定し，反射光は手術用覆布壁に 1 ～30 cm の範囲で反射させた。照射条件は出力 10 W～30 W，照射時間 1.0 秒，反射面から反射壁までの距離は 1 ～10 cm，20 cm，30 cm とした。

2）測定項目

直接照射した場合と反射させた場合の出力およびサーモグラフィによる壁面温度を測定した。

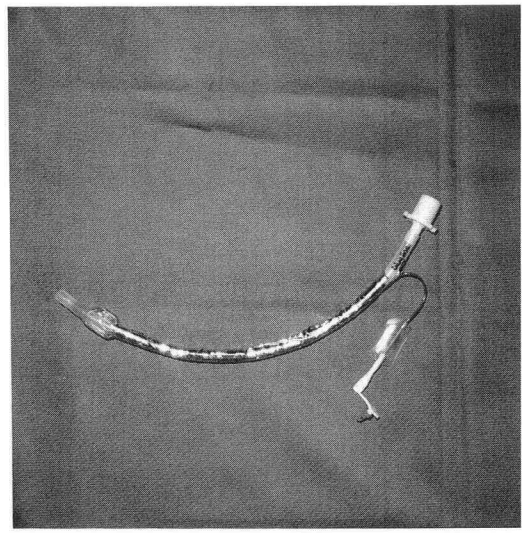

図 4　アルミ箔で保護したＰＶＣ製気管内チューブ

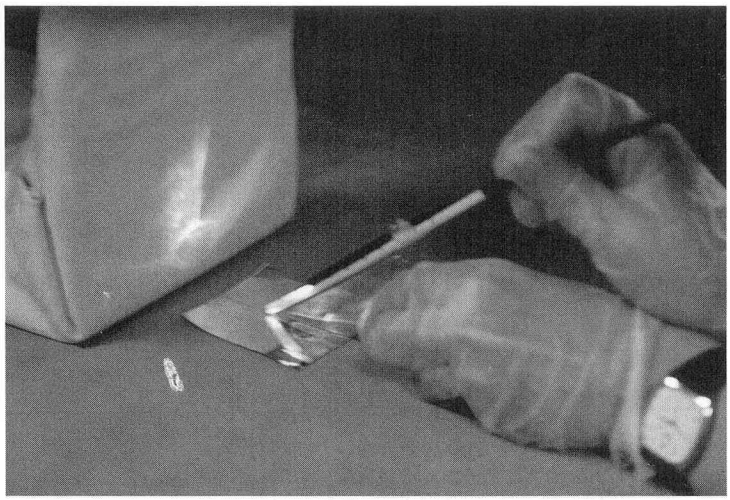

図 5　レーザー光の反射に関する実験場面
（レーザー光をアルミ箔に反射させ，反射光による壁面温度を測定している。）

表1　使用機材・機器

CO_2レーザーメス：f ＝100mm
LASERY MODEL-60Z（NIIC社）
Nd-YAGレーザーメス：coagulator、Al_2O_3rod
Nd-YAG LASER Model 8000
（米国 クーパーレーザーソニックス社）

出　力　計：USA COHERENT社 Model 3210

サーモグラフィシステム：INFRA-EYE 5000（日本光電）

3.4　生理的食塩水浸漬ガーゼ保護の有効性

1）保護用ガーゼの条件

生理的食塩水浸漬ガーゼをガーゼ枚数および生食含有量別に4群に設定し，レーザー光透過の有無を検討した。

ガーゼⅠ：乾ガーゼ5枚（対照）

ガーゼⅡ：乾ガーゼ5枚＋生食25 g

ガーゼⅢ：乾ガーゼ5枚＋生食50 g

ガーゼⅣ：乾ガーゼ10枚＋生食100 g

なお，レーザー光透過の有無はガーゼ後面の黒色紙の穿孔および変化で確認した。

2）照射条件

3.1　2）照射方法・条件に同じ。

4．実験結果

4.1　気管内チューブの穿孔

1）CO_2レーザー：

PVC製チューブ1，2，3は，すべて出力10 W×0.1 sのfocused beamで穿孔した。defocused beam照射においても出力を増加させると穿孔するが，距離が7 cm以上離れると50 W×1.0 s以下では穿孔しなかった（図6参照）。穿孔時のチューブの表面温度は，100℃以上に達した。レーザー用チューブ4は40 W×0.1 sのdefocused beam照射で穿孔し，表面温度は150℃以上であったが，距離3 cmからのdefocused beamによる照射では穿孔には至らなかった。

2）Nd-YAGレーザー（非接触型）：

チューブ1，2，3，4は，すべて本実験条

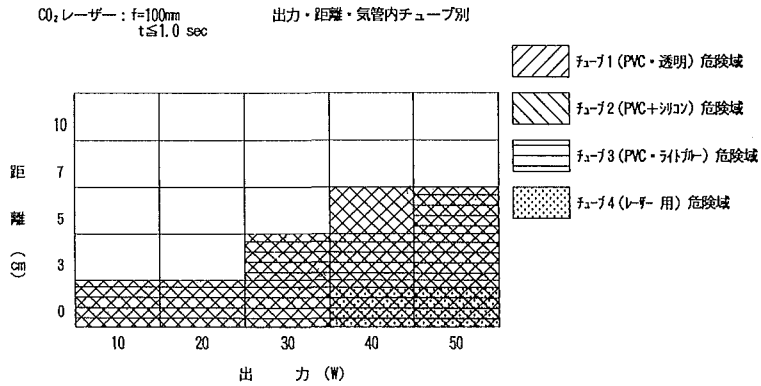

図6　レーザー照射と気管内チューブ別危険域

件下では穿孔しなかった。ＰＶＣチューブ１，２，３の表面温度は，50 W×1.0 s照射においても100℃以下であった（図７参照）。しかし，いずれのチューブも表面の文字部分に照射した場合やチューブを黒色紙の上において照射した場合には燃焼，穿孔が生じた。

レーザー用チューブ４の表面温度は10 W×1.0 sで50℃を越え，出力の増加とともに急激に高温となった。

３）Nd-YAGレーザー（接触型）：

チューブ１，２，３，４は，すべて本実験条件下で表面の融解はみられたが穿孔には至らなかった。また，表面温度は30 W×1.0 sにおいても100℃以下であった。

4.2　チューブの保護

１）アルミ箔による保護：

本実験条件下（50 W×1.0 s照射まで）においてアルミ箔の穿孔は見られず，照射部位の光沢がやや減じられたが視覚的には顕著な変化はみとめられなかった。

２）ガーゼによる保護：

チューブ１，２，３は出力20 W×1.0 sまで保護可能であったが，出力30 Wでは0.1 s照射で穿孔した。

チューブ４は出力30 W×1.0 sまで保護できたが，40 W×0.6 sでガーゼ下のチューブ壁は穿孔した。焦点から３ cm離したdefocused beamではガーゼ下のチューブ表面の変化はなかった。

4.3　反射状況

１）CO_2レーザー：

アルミ箔に対する出力10 W×1.0 s照射では反射面から10 cm以内での壁面温度は100℃以上，20 cmでも62℃と高温であった。自在鈎反射では反射光が拡散し，10 cm以上離れると50℃以下であった。アルミ箔反射の反射出力はアルミ箔の反射面の凹凸の状態によって直接に照射した場合と同等となる場合もあり，必ずしも距離と共に減弱しない（図８，９参照）。

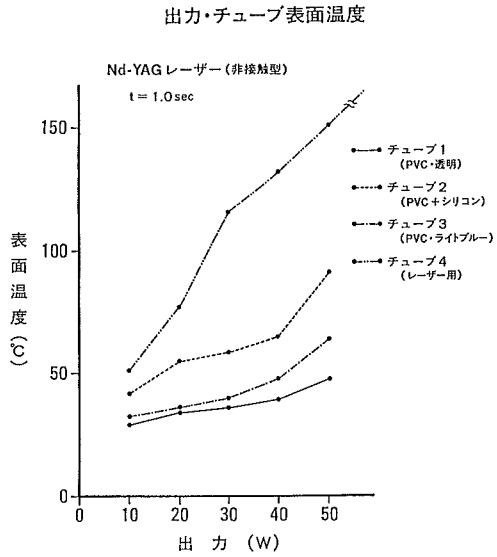

図７　レーザー照射と気管内チューブ

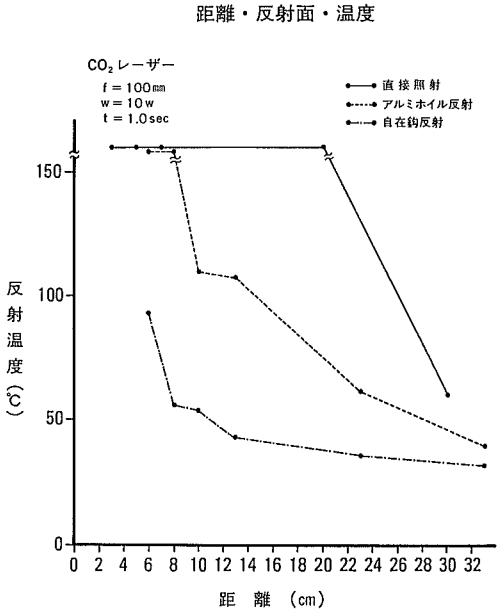

図８　レーザー照射と反射

２）Nd-YAGレーザー（非接触型）：

アルミ箔反射，自在鈎反射共に10 cm以内の近距離内では出力 10 W×1.0 s で40℃以下，10 cm以上の距離では壁面温度の上昇はほとんどみられなかった（図10参照）。

図9　サーモグラフィによる反射壁温度分布
（自在鈎表面から3 cmの距離の壁面表面の温度分布。中心部は90℃に達している。）

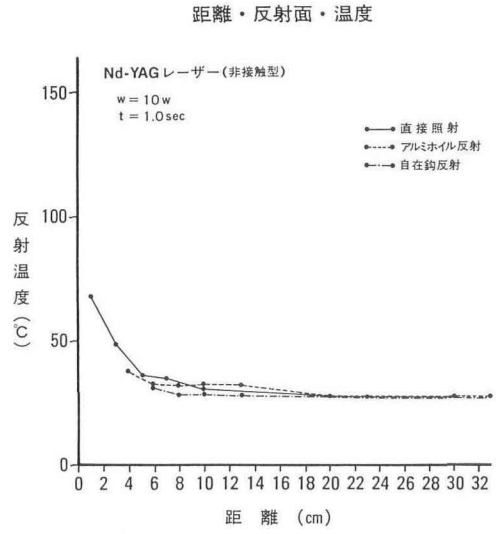

図10　レーザー照射と反射

4.4　生食浸漬ガーゼによる保護

1）CO_2 レーザー：

ガーゼⅠ（対照）は出力10 Wで焦点から5 cm以上のdefocused beam以外はほぼレーザー光を透過し，20 Wでは5 cm離しても0.2秒でガーゼ表面から燃焼し始めた。同じガーゼ枚数であるII，IIIの比較では生食水の浸漬量が多いほど保護安全域が拡大した（図11参照）。また，ガーゼ1枚当たりの生食水の浸漬量が同じ場合のIII，IVの比較では枚数の多いIVのほうが保護域は広い結果を示した。

2）Nd-YAG レーザー（非接触型）：

ガーゼIVのみ本実験条件の全域を保護することができるが，その他のガーゼは3 cm以内では透過の危険性が示された（図12参照）。

3）Nd-YAG レーザー（接触型）：

ガーゼⅠ（対照）は，出力10 W×0.2 sで透過しはじめ，20 Wでは0.1 sで透過した。ガーゼII，IIIは出力10 Wでは1.0 s以内での透過は見られなかったが，出力が20 Wに増加すると短時間でも透過した。ガーゼIVは30 W×1.0 sまで保護可能であった。

5．考　　察

現在使用されている塩化ビニール製素材の気管内チューブは，CO_2 レーザーメス照射においては極めて穿孔しやすいことが本実験で明らかになった。近年本邦でもレーザー用チューブの開発，普及が期待されているが[9]，現状のレーザー光の防御法としては塩化ビニール製素材のチューブにアルミ箔を巻くかあるいは生理的食塩水を含ませたガーゼで被覆して使用する方法が一般的に用いられている[12,13]。また，レーザー耐用チューブとして不燃性アルミチューブが開発され，本邦にも輸入されているが，われわれの実験結果からは，アルミ箔からのレーザー光の反射による二次的な事故の可能性が認められた。清水ら[14]は，レーヨン製不織布とアルミ箔がレーザー光を完全に防御すると報告しているが，本実験結果より，アルミ箔の露出部分からの反射を防ぐために生食浸漬ガーゼで覆うなどの予防措置を講ずるとともに，反射が生じた場合に手術野および術者に熱傷などの障害が生じないように予防のための措置を工夫する必要がある。

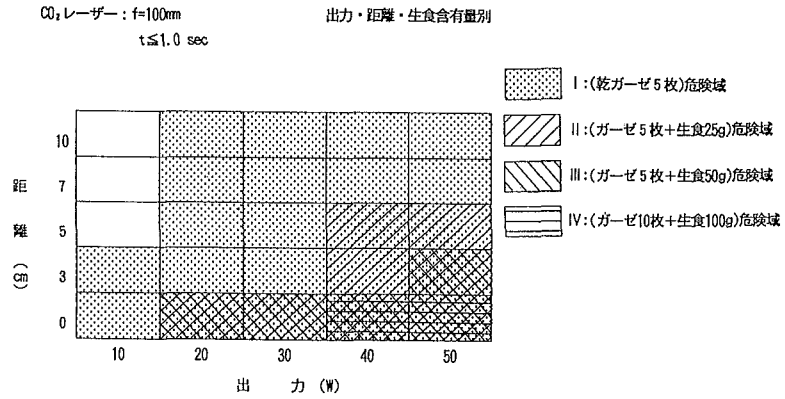

図11　レーザー照射とガーゼ保護危険域

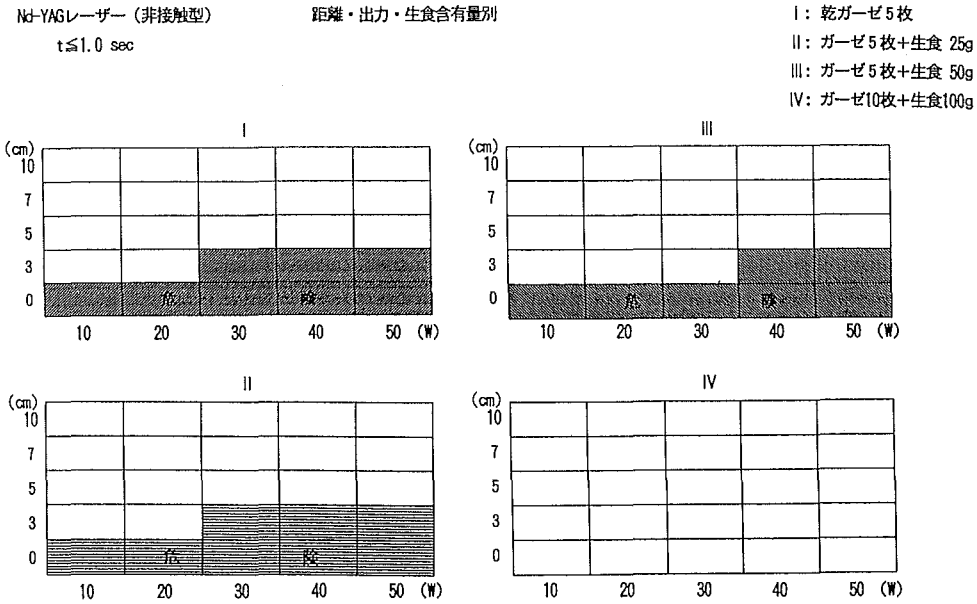

図12　レーザー照射とガーゼ保護危険域

Nd-YAGレーザーの場合，本実験条件下でチューブ自体の穿孔はみられなかった。しかし，助燃性のある笑気や酸素を用いた麻酔環境下でレーザーを用いる場合は，事故発生の可能性が高いことを予測し，保護ガーゼ，あるいはその他のレーザー光を防御する材料[14]が必要である。また，レーザー耐用チューブ使用の際には，チューブの発火事故の可能性は低いが，チューブ表面温度の上昇による周辺臓器への熱傷の危険性が考えられ，何らかの対応を要する。この具体的な影響と予防的施策の検討については今後の課題としたい。

従来，手術野の保護には生食浸漬ガーゼを用いることが多いが，本実験においても清水ら[12]が指摘するように必ずしも安全ではないという結果が確認された。特に，ガーゼの重なり具合

ではレーザー光が透過する可能性が高く，出力・照射時間の増加と共にその危険性を増す。また，CO_2 レーザーの水への吸収率を考えると比較的安全域が広かった生食水浸漬量の多いガーゼであっても照射時間の延長によって水分が蒸散し，危険性が増すことを念頭におく必要があり，随時生食水を補充しなければならない。いずれにせよ，目的とする照射野以外への誤照射がないように手術者には操作上の厳重な注意が望まれる。

また，手術野からレーザー光を反射する可能性が高い金属手術器具として自在鉤を検討したが，材質表面の性状によって反射の強度が異なり，表面が粗な既使用の無光沢器具は乱反射が多く見られ比較的安全と考えられるが，安全上一般的には光沢手術器具は使用するべきではないと考える。レーザー光による術者の眼障害の報告[1]や都築ら[15]による手術器具の種類によって反射率がかなり異なることの指摘および安全を確保するために手術器具表面を黒色処理する重要性に加えて，本実験で認められた反射面から 30 cm 距離で検出された反射出力をみてもレーザー手術用に手術器具を数，種類ともに整備し，保護メガネを着用することが手術者の安全対策上不可欠であると考える。

6．結　　言

欧米ではすでにレーザー手術における看護婦の安全管理の範囲についての報告がなされているが[16,17]，本邦においても単に手術者の介助にとどまらず，看護者による専門的な安全管理上の取組が必要であると考える。また，特にチューブ発火事故の可能性の高い喉頭気管周囲の手術における具体的な看護上の安全対策としては，安全な素材のチューブの選択，保護措置の施行，人的・物理的環境の整備が必要であり，今後も検討を続ける必要がある。

本研究により得られた結果を項目別に下記にまとめる。

1．ＰＶＣ製チューブは CO_2 レーザーで容易に穿孔する。Nd-YAG レーザー使用時，チューブ上の文字に照射されると穿孔する場合がある。レーザー用チューブは穿孔しにくいが，チューブ表面温度は容易に 50℃を越える。

2．気管内チューブ保護としてアルミ箔は有効であるが，表面からの反射による危険性が高い。生食浸漬ガーゼによる保護には限界がある。

3．レーザー手術野以外の術野の保護として用いる生食浸漬ガーゼは不確実であり，乾燥しないように常に一定量以上の生食の浸漬を要す。

以上より，レーザー手術時には従来にもまして安全に対する注意が必要である。

（尚，本研究費の一部は，北海道大学医療技術短期大学部平成２年度研究助成金によった。）

文　　献

1）七沢　洋，米川元樹，中沢郁生，他：学生実習中に発生した Pulsed Nd : YAG Lasar による網膜損傷事故の一例，日本レーザー医学会誌，5：485－488，1985.

2）MITCHEL B. Sosis : Airway Fire during CO_2 Laser surgery Using a Xomed Laser Endotracheal Tube . ANESTHSIOLOGY, 72 : 747－749, 1990.

3）ANESTHESIOLOGY NEWS : Popular Laser-Resistant Endotracheal Tube Implicated in Operating Room Fires by FDA, pp. 41, October 1990.

4）田辺　豊，野見山延，村上雅子，他：ラリンゴマイクロレーザー手術中，気管内チューブが発火した１症例，第 37 回日本麻酔学会総会抄録，p. 337，1990.

5）朝日新聞 1987 年 9 月 3 日朝刊：「レーザーメスで死亡」

6）紺野繁雄，真尾秀幸，久保田宗宏，他：レーザーメスにより気管内チューブが発火した１症例，臨床麻酔，4：596－598，1985.

7）佐藤洋子，佐野文男，大沢修子，他：レーザーメスによる気管内チューブ発火例と安全対策の検討，医工学治療，II：26－31，1990.

8）佐野文男，佐藤洋子，宮川純子：一般外科手術における安全対策，〈特集〉レーザー手術と安全対策，OPE nursing，4：810－818，1987.
9）村上富裕美，紺野繁雄，劔物　修，他：耐熱性気管内チューブの炭酸ガスレーザーに対する安全度の検討，日本手術部医学会誌11(臨時号)：76，1990.
10）佐野文男，佐藤洋子，三浦哲夫：手術の安全とMEの考え方，――電気メス，レーザーメスを中心にして――，医科器械学，58：9－15，1988.
11）George E. Burgess III, Francis E. Lejeune : Endotracheal Tubu Ignition During Laser Surgery of the Larynx, Arch Otolaryngol, 105 : 561－562, 1979.
12）Carl A. Hirshman, James Smith : Indirect Ignition of Endotracheal Tube During Carbon Dioxide Leser Surgery : Arch Otolaryngol, 106 : 639－641, 1981.
13）医用レーザー臨床応用安全委員会：医用レーザー臨床応用安全指針，日本医科器械学会（編），p. 2－4，1988，アイオニクス，東京.
14）清水幸雄，小坂義弘，田中章生，他：レーザー光からの挿管チューブ防御法の検討，手術部医学，6：133－134，1985.
15）都築正和，釘宮豊城，片伊木毅，他：レーザー手術における安全対策に関する検討，日本レーザー医学会誌，3：253－256，1980.
16）CAROLYN J. MACKETY : Administrative Responsibility for Laser Surgery : Nursing and Administration Roles, Evaluation and Installation of Surgical Laser Systems ,pp. 34－53, 1986, Springer Verlag, New York, 1986.
17）Brendan Garry, Hollis E. Bivens : Laser Safety in the Operating Room I. Admonistering Anesthsia, THE CANCER BULLETION, 41 : 219－223, 1989.