HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	医用レーザー診療における安全看護管理の検討 ： レーザー耐用気管内チューブの安全性の検討
Author(s)	佐藤, 洋子; 宮島, 直子; 佐野, 文男 他
Citation	北海道大学医療技術短期大学部紀要, 5, 61-70
Issue Date	1992-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37543
Type	departmental bulletin paper
File Information	5_61-70.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

医用レーザー診療における安全看護管理の検討
―― レーザー耐用気管内チューブの安全性の検討 ――

佐藤　洋子・宮島　直子・佐野　文男・大沢　修子[1)]
宮川　純子[1)]・三浦　哲夫[1)]・紺野　繁雄[2)]

A STUDY ON SAFETY NURSING AND ADMINISTRATION ROLES IN LASER SURGERY
—— STUDY ON THE SAFETY ASPECTS OF THE TUBUS FOR LASERS ——

Yohko Satoh, Nahoko Miyajima, Fumio Sano Syuko Ohsawa[1)],
Junko Miyakawa[1)], Tetuo Miura[1)] Shigeo Kaseno[2)]

Abstract

A variety of safety techniques to protect the patient from accidents a variety has been developed in laser sergery. Special care has been taken to develop measures to guard against the tracheal tube catching on fire from the laser. However, this technology has led to a new set of problems for nurses in the operating theatre.

According to the studies conducted on the safety of laser protection measures it was concluded that the tubes for lasers were not easily perforated, but the tubes' surface temperature did become high.

Four types of laser tubes have been used in Japan. These are the following White Special Endotracheal Tube ; Metal Endotracheal Tube ; Aluminium Tape Wrapping Tube ; Aluminium Powder Coating Tube. We studied the safety aspects of these tubes and got the following results.

1) With the White Special Tube, and the Aluminium Powder Coating Tube the surface tempratures quickly became high when the CO_2 laser was used. It was also found that with the Metal Endotracheal Tube and the Aluminium Tape surface temperatures became hotter as the distance between these tubes and the laser was increased.

2) The surface temperature of the Aluminium Powder Coating Tube is influenced by laser generation power and irradiation time using Al_2O_3 rod, Nd-YAG laser.

3) The Aluminium Tape Wrapping Tube is dangerous because of the reflection from the surface of tube.

北海道大学医療技術短期大学部
1) 北海道大学医学部付属病院手術部
2) 北海道大学医学部付属病院麻酔科
College of Medical Technology, Hokkaido Univ.
1) Department of Surgical Center, Hokkaido Univ. Hospital[1)]
2) Department of Anesthesiology, Hokkaido Univ. Hospital[2)]

要　　約

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く，レーザー用チューブが開発されている。われわれはレーザー光への保護対策として用いられているレーザー耐用チューブの照射条件別安全性について検討し，以下の結果を得た。

〈CO_2 レーザー〉

・耐熱製特殊粉末物質混合シリコン素材，アルミ粉末塗布シリコン素材チューブは容易に高温となる。

・不燃性ステンレス素材，アルミ箔保護チューブは，チューブ表面からの距離の延長にしたがって温度が上昇する。

〈Nd-YAG レーザー（接触型）〉

・アルミ粉末塗布シリコン素材チューブは，照射距離の延長，出力の増加に伴って高温となる。

〈Nd-YAG レーザー（非接触型）〉

・アルミ箔保護チューブはアルミ表面の凹凸により高温となり，反射光を密集させる場合がある。

以上より，レーザー手術時には従来にもまして安全に対する注意が必要である。

1．緒　　言

近年，頭頸部手術においてレーザー手術装置を使用する機会が増し，気管内チューブの発火事故が報告されている。同手術のチューブ発火要因としてはレーザーメス自体が高エネルギーであること，使用気管内チューブの耐熱性の程度，酸素・笑気使用による助然性の高い環境，手術野がチューブと隣接していることが指摘でき，各領域からその安全対策が要求されている。われわれは，レーザーメス手術開始以来2例の気管内チューブ発火事故を経験し[1,2]，レーザーメス使用手術時の看護上の安全管理について検討を進めており，従来のＰＶＣ製チューブは CO_2 レーザーにはきわめて弱く，チューブ発火予防上有効な保護手段を講じる必要性があることを照射条件別に確認した[1]。さらに，チューブ発火事故防止上有効であるアルミホイル保護，レーザー耐用チューブ使用時にはレーザー光反射，チューブ表面温度の上昇による周辺臓器への二次的危険性があることが明らかになった[3]。

本研究は上記結果をもとに，チューブ発火事故予防上有効なレーザー耐用気管内チューブに対し，CO_2 レーザーおよび Nd-YAG レーザーの出力（W），照射時間（t），気管内チューブ表面とレーザー先端との距離（D）などの条件によるチューブ表面温度および反射出力について測定し，手術野危険域と安全対策を明らかにすることを目的とする。

2．対象および方法

2.1　気管内チューブ

本実験では，現在本邦で入手可能なレーザー耐用気管内チューブ4種を検討対象として用いた（図1参照）。

A：耐熱性特殊粉末混合シリコン素材

B：不燃性ステンレス素材

C：アルミ箔保護

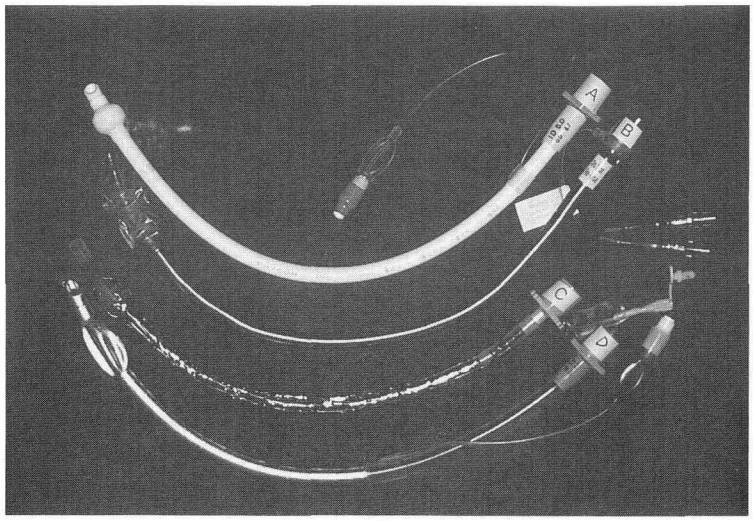
D：アルミ塗装製シリコン素材

2.2　照射条件

CO_2 レーザーメス（非接触型）および Nd-YAG レーザーメス非接触型（coagulator を使用），接触型（Al_2O_3 rod を使用）を用い，出力を 10 W，20 W，30 W，照射時間を 0.1，0.3，0.5，0.7，1.0 秒に設定し，レーザー耐用チューブ表面に距離 0 ～10 cm の位置から照射した。なお，本実験に使用した器材，器具類は表1に示した。

2.3　チューブ表面温度の測定

図1　本実験で用いたレーザー耐用気管内チューブ4種



A：耐熱性特殊粉末混合シリコン素材
B：不燃性ステンレス素材
C：アルミ箔保護
D：アルミ塗装製シリコン素材

表1　使　用　器　材

CO_2 レーザーメス	f=100mm
Nd-YAGレーザーメス	coagulator、Al_2O_3 rod
気管内チューブA	耐熱性特殊粉末物質混合シリコン素材
B	不燃性ステンレス素材
C	アルミ箔保護
D	アルミ塗装製シリコン素材
出力計	USA　COHERENT社　Model 3210
レコーダー	サーマルアレイ　レコーダー（日本光電）
サーモグラフィシステム	INFRA-EYE 5000（日本光電）

チューブ表面温度はサーモグラフィ（温度測定の上限は150℃に設定した）を用いて測定し，ビデオ録画画面とあわせて検討した。

2.4　チューブ表面反射出力の測定

チューブ表面からのレーザー光反射は，チューブ表面から距離3 cm，入射角約45度の位置にハンドピース先端を固定し，ガイド光の最集束部をキャッチする範囲に出力計を設置し反射出力を測定した（図2参照）。

3．結　　果

3.1　チューブ表面温度

1）CO_2 レーザー：

チューブA，Dは，本実験条件の10 cm以内の照射距離において出力10 W，照射時間0.1秒

図2　レーザー反射光測定方法

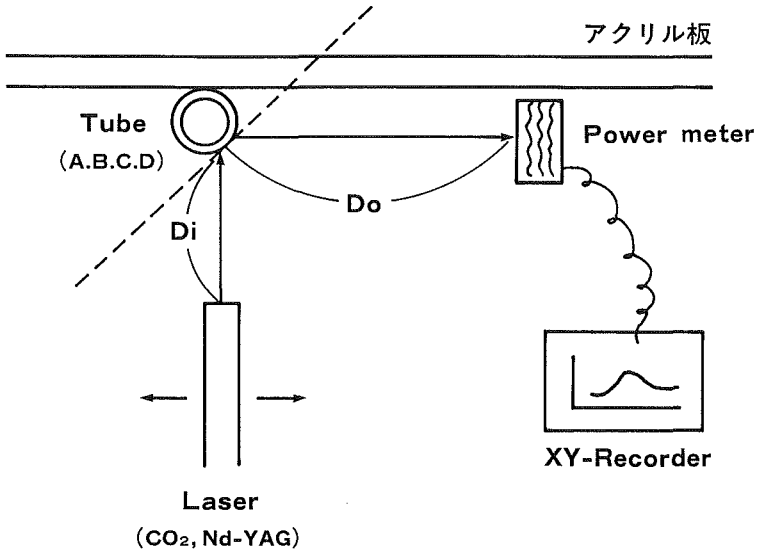
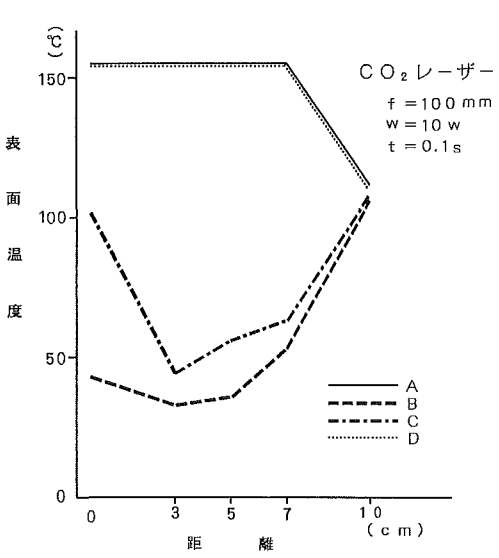


図3　レーザー照射とチューブ表面温度



照射でも100℃以上の高温を示した（図3参照）。チューブB，Cの表面温度は照射距離を離すことによって上昇した。測定中，チューブCは照射部位のアルミ箔の凹凸条件によって温度の変動が大きいことが認められた。

2）Nd-YAGレーザー（接触型）：

チューブDは出力10W・照射時間0.1秒で68.0℃に，0.5秒では150℃に達し（図4参照），出力30Wでは0.1秒で150℃以上を示した。チューブA，B，Cの表面温度は，照射時間の延長と共に上昇した。出力10Wにおける温度上昇は，照射時間0.1～0.5秒では50℃以内であったが，出力30Wでは0.1秒でチューブA，B，Dとも150℃を越え，チューブCも84.8℃を示した。

3）Nd-YAGレーザー（非接触型）：

出力10W・0.1秒・接触照射においては，各チューブはほぼ100℃を越え，出力30Wでは150℃を越えた。しかし，照射距離を3 cm以上離すと，出力10W，30Wともに50℃を越えな

図4　レーザー照射とチューブ表面温度

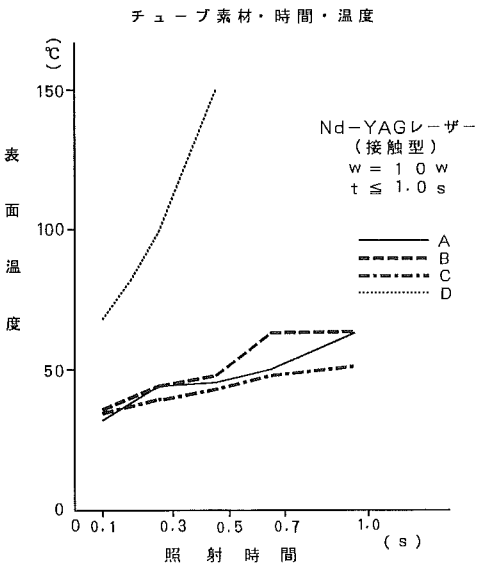


図5　レーザー照射とチューブ表面温度

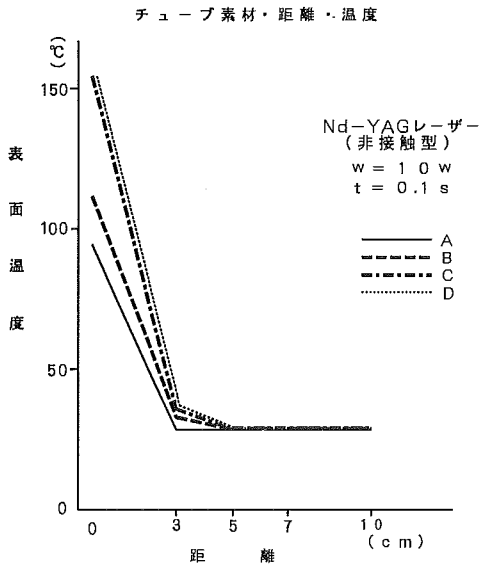
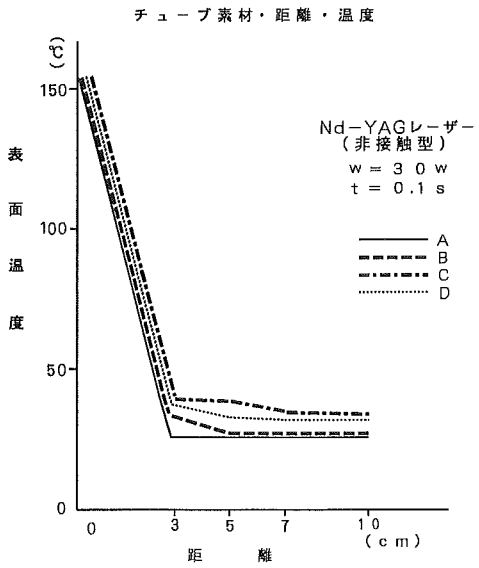


図6　レーザー照射とチューブ表面温度



かった(図5，6参照)。サーモグラフィ画面上，出力30 W・距離10 cmにおいて，チューブCは照射部位以外のアルミ箔の温度上昇が認められ，チューブDは照射時間の延長につれて高温度域が拡大することが認められた（図7，8，9，10参照)。

3.2　チューブ表面反射：

本実験条件下におけるチューブ表面からの反射出力は，CO_2レーザー照射時にチューブBおよびCに認められた。チューブCは10 Wで0.9〜1.1 W，チューブBでは20 Wで0.8〜0.9 W，30 Wでは双方とも2〜3 Wの反射出力であった（図11参照)。

4．考　　察

レーザー手術において気管内チューブの発火防止は気道熱傷などの重篤な障害の予防上不可欠な安全対策であるが，レーザー耐用チューブ表面温度の上昇は，気管内チューブ隣接臓器へ

図7　レーザー照射とチューブ表面温度

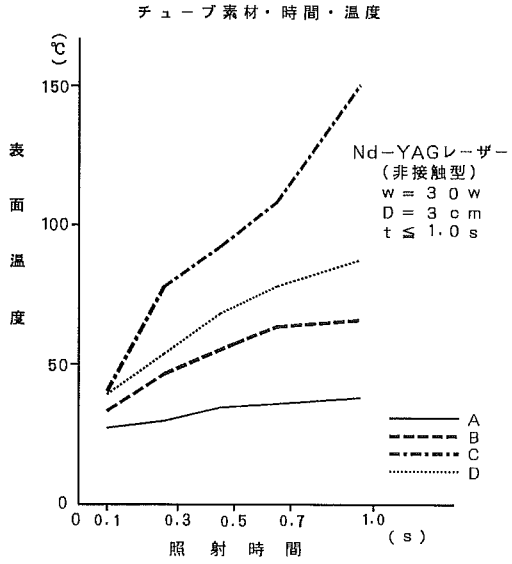


図8　レーザー照射とチューブ表面温度

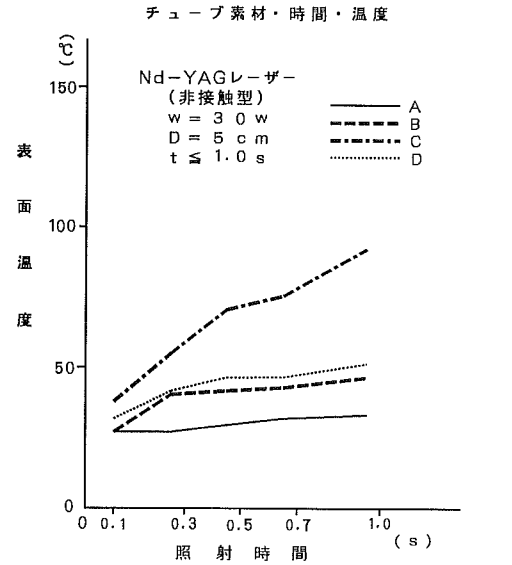


図9　レーザー照射とチューブ表面温度

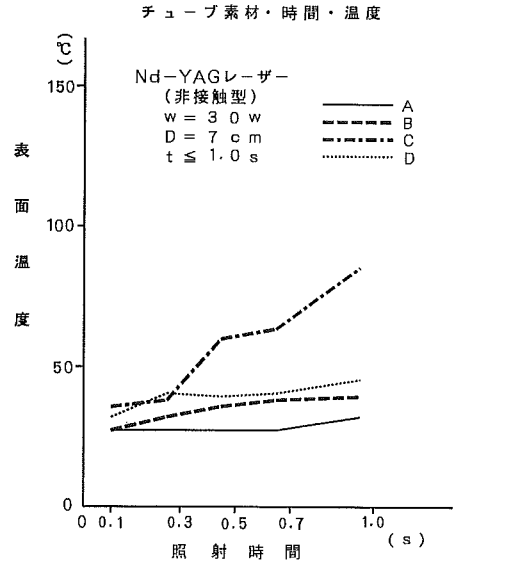


図10　レーザー照射とチューブ表面温度

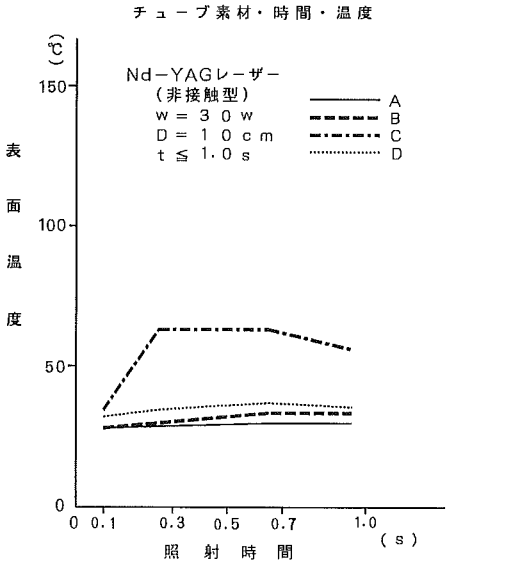
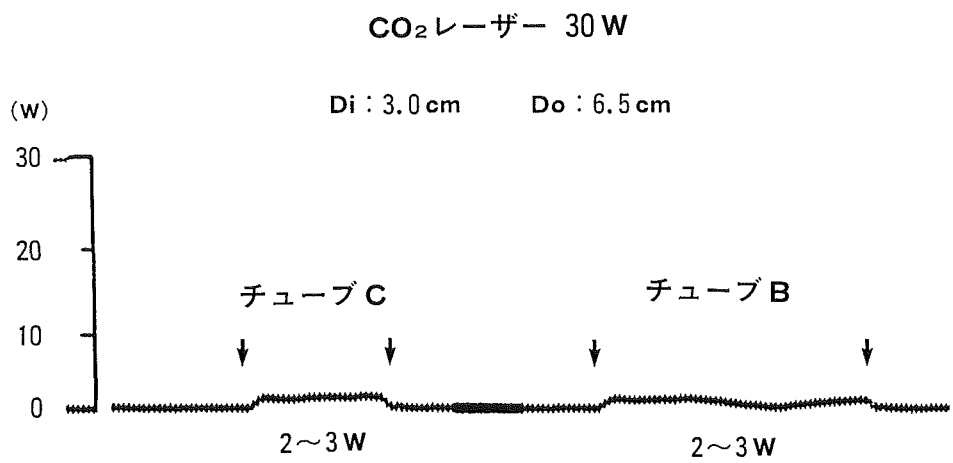


図11　検出した反射曲線例



の障害の可能性があることを示唆すると考えられる[1]。以下，本実験結果をチューブ別に考察する。

チューブAは，Nd-YAGレーザー対策用耐熱製特殊粉末物質混合シリコン素材の白色のチューブである。田辺らによる同種のチューブ発火事故報告によると，発火原因にはある一定時間以上の照射，照射部位の重複，カフ漏れなどの要因が推測され[4]たが，われわれの実験では，出力30 W，照射時間1秒以内，照射距離10 cm以内での穿孔はなかった[3]。しかし，チューブ表面温度について検討すると，本実験ではCO_2レーザー照射10 W・0.1秒の条件下において，照射距離0～10 cmの範囲で100℃以上の温度上昇を認めた。サーモグラフィ画面での高温度域はレーザーのスポット部位とほぼ同一で熱の伝導は少ないが，チューブと隣接臓器が接触する可能性がある場合には注意を有すると考えられる。

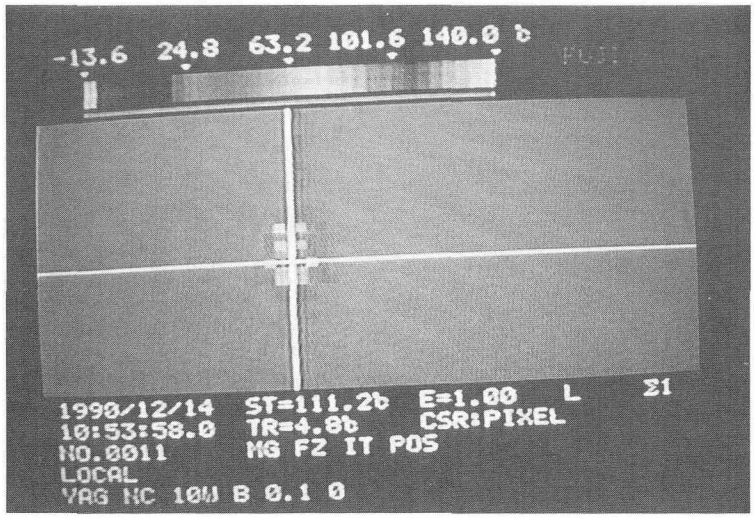
Al_2O_3 rodを装着した接触型Nd-YAGレーザー照射，および非接触型プローブを装着したcoagulatorを用いた照射においては出力30 W，照射時間1秒以内ではチューブ穿孔は認めなかった。村上ら[5]の高濃度の酸素，笑気を用いた助燃性の高い環境下においてもチューブの穿孔は認められなかったことに合わせて検討すると，穿孔による発火予防には極めて有効と考えられる。しかし，チューブ表面温度は，接触型プローブを用いた照射では，出力10 W，照射時間0.7秒で50℃に達し，非接触型のプローブを装着したcoagulatorを用いた照射ではプローブからの照射距離0 cm・0.1秒で96.8℃と高温となったが，照射距離を3 cm以上離すと温度の上昇はほとんど見られなかった。

チューブ表面からのレーザー光の反射についても，本実験条件下での反射光の検出はほとんど認めなかった。

以上より，チューブAはNd-YAGレーザー使用時における安全域は広いが，照射設定時間が長い場合には，coagulator使用時のチューブや隣接臓器への接触誤照射に対する対策が必要と考えられる。

チューブBはCO_2レーザー対策用不燃性ステンレス素材のチューブである。本実験条件下

図12　サーモグラフィによるチューブ表面温度分布
（チューブB：非接触型Nd-YAGレーザー照射　出力10W・0.1秒・距離0 cmで111.1℃に達した。）



でチューブの穿孔はなく，諸外国ではレーザー耐用チューブとして広く用いられている[7,8]。本実験条件下でのチューブ穿孔は見られず，チューブ表面温度はチューブAと同様の温度上昇の傾向が認められた。

接触型プローブによるNd-YAGレーザー照射では出力10 W・照射時間0.5 秒以内で50℃以下，また非接触型プローブによる照射では10 W・0.1秒の照射距離0 cmで111.1℃と高温であった（図12参照）が，距離を3 cm以上離すと温度の上昇はほとんど見られなかった。照射距離別に比較すると照射時間の延長とともに温度は上昇し，サーモグラフィ画面上ステンレスの環に沿って高温域の広がりが認められた。また，反射光はNd-YAGレーザー照射では認められず，CO_2レーザー20 W照射時に0.8～0.9 Wの反射が認められた。

したがって，チューブ表面の環溝による乱反射などの条件によっては術者や手術野臓器の障害につながる可能性があると考えられる[1,6]。

チューブCはＰＶＣ製チューブにアルミ箔保護をしたチューブで，従来の保護方法を施行したものである。諸外国では事故の報告[8,9]もあり，アルミ箔の厚さや同一部位への重複照射などで穿孔の可能性もあり得る[2]が，本実験条件下での穿孔はなかった。　CO_2レーザー照射において，出力10 W，0.1秒，照射距離0 cmの条件でチューブ表面温度は100℃以上になった。本実験中照射部位による温度変動は大きく，アルミ箔表面の凹凸状態の影響と考えられる。

接触型プローブによるNd-YAGレーザー照射では，本実験条件1秒以内で51℃以下と上昇は軽度であった。非接触型プローブによる照射では，10 W・0.1秒・照射距離0 cmで150℃を越えたが，照射距離を3 cm以上離すと温度上昇はほとんど認められなかった。しかし，照射距離別に照射時間を延長させると，10 Wで照射時間の延長ともに温度上昇が見られ，30 W・0.3 cmで77.6℃，1秒では100℃を越えた。サーモグラフィ画面上照射部位以外の高温度スポットが認められ，アルミ箔表面の凹凸により乱反射光が集束する可能性が推測された。

また，本実験条件下10Wで0.9～1.1Wの反射出力が認められ，われわれの実験において確認された滑らかな表面のアルミ箔からの反射出力は必ずしも距離の延長にしたがって減弱しないという結果と考え合わせても[1,3]，表面の凹凸状態で予想以上の危険性があると考えられる。

チューブDは現在試験開発中のアルミ塗装製シリコン素材チューブであるが，CO_2レーザーに対してはチューブAとほぼ同様の結果を示し，Nd-YAGレーザー接触照射では10W・0.1秒で68℃，0.5秒で140℃と照射時間の延長と共に急激に上昇した。非接触照射では，チューブBの温度変化に類似した傾向が認められた。本実験条件下の反射出力は，CO_2レーザーではチューブ表面の損傷が大きく反射出力は確認されず，Nd-YAGレーザーでは認められなかった。

近年，本邦においてもレーザー用気管内チューブが開発，輸入されるようになり現在普及しつつある。しかし，臨床での具体的安全使用対策は検討途上にあり，レーザー用気管内チューブ使用中の発火事故，あるいは酸素・麻酔ガスなどの助燃性の高い環境下での耐用度の報告がされている[1,3,5]。チューブ表面温度上昇による影響は温度，作用時間，作用範囲，作用する臓器の状態などの因子が関与するが，使用するチューブの特性を知り，使用レーザーに適切なチューブを選択し，予測される障害を予防することが看護上重要と考える。

5．結　　語

近年医用レーザー装置は様々な領域に応用され，特に周手術期においては適用範囲を増し，更に安全な機器や器材が開発されつつある。このように目まぐるしく変化する医療現場において，単に医師の介助にとどまらず常に広く患者とスタッフの安全に注目し，専門的な立場から人的環境と物理的環境の安全性を整えていくことが，手術室看護の専門性を確立する上で重要と考えられる[10,11]。

特に，致命的障害を生じやすいチューブ発火事故予防対策として開発されたレーザー耐用チューブにより致命的な障害を予防できる場合においても，他の二次的障害を最小限にするべくチューブ素材や照射条件別に十分な安全対策を検討する必要がある[12]。

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．耐熱製特殊粉末物質混合シリコン素材チューブ（A）およびアルミ塗装製シリコン素材チューブ（D）の表面は，CO_2レーザー照射で容易に100℃以上になる。光沢性チューブ（B・C）は，チューブ表面の条件により反射光を集束する場合があり，危険性が大きい。

2．アルミ塗装製シリコン素材チューブ（D）は，Nd-YAGレーザー接触型を用いた場合，照射時間の延長や出力の増加に伴って容易に100℃を越える。

3．非接触型Nd-YAGレーザーに対して各チューブとも0.1秒の照射においては，3cm以上離すと50℃を越えない。しかしながら表面に凹凸のあるアルミ箔保護チューブ（C）は，3cm以上離しても照射時間の延長により50℃以上の高温となる。

4．アルミ箔保護チューブ（C），またはステンレスチューブ（B）は，表面の凹凸により反射光を集束させる場合があり，危険である。

以上より，レーザー手術時にはさらにチューブ素材の安全特性を考慮した看護が重要である。

（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3年度研究助成金によった。）

文　　献

1）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.
2）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（5）：596－598，1985.
3）佐藤洋子，宮島直子，佐野文男，他：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――，北海道大学医療技術短期大学部紀要，4：117－127，1991.
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，337，1990.
5）村上富裕美，紺野繁雄，舩物　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.
6）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（3）：485－488　1985.
7）Brendan Garry, Hollis E. Bivens : Laser Safety in the Operating Room Ⅰ. Admonistering Anesthsia, THE CANCER BULLETION, 41 : 219－223, 1989.
8）Jeanne M. Hermens, Michael J. Benett Carol A. Hirshman : Anesthesia for Laser Surgery, ANESTH ANALLG, 62 : 218－229, 1983.
9）George E. Burgess Ⅲ, Francis E. Lejeune : Endotracheal Tubu Ignition During Laser Surgery of the Larynx , Arch Otolaryngol, 105 : 561－562, 1979.
10）CAROLYN J. MACKETY : Administrative Responsibility for Laser Surgery : Nursing and Administration Roles, Evaluation and Installation of Surgical Laser Systems, 34－53, Springer-Verlag, New York, 1986.
11）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，2：965－1987.
12）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），アイオニクス，東京，1988.