総説**REVIEW ARTICLE****喉頭・気管領域におけるレーザー治療**

塩谷 彰浩

防衛医科大学校 耳鼻咽喉科学講座

(平成21年3月13日受理, 平成21年4月2日掲載決定)

Lasers in the Laryngeal and Tracheal Surgeries

Akihiro Shiotani

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery National Defense Medical College

(Received March 13, 2009, Accepted April 2, 2009)

要 旨

狭く長い術野でもシャープで無血的切除を実現できるレーザーは今や、喉頭・気管領域の手術において、強力なツールとなっている。本稿では、喉頭・気管領域の様々な疾患に対する手術の基本となるラリngoマイクロ手術における各種レーザーの有用性とその手術手技について解説する。喉頭癌においては、T1-T2病変が適応となるが、ヨーロッパでは分割切除が普及し、T3-T4病変も適応になっており、今後日本でもこの手技の普及が見込まれる。喉頭乳頭腫では、CO₂レーザーによる腫瘍の蒸散に加え、術後の補助療法も再発予防には大切である。喉頭血管腫においては、CO₂レーザーによる切除同様に、KTPレーザーによる凝固治療も有用である。喉頭狭窄においては、狭窄部の半周をレーザーにより切除し、残りの半周は手術操作を加えず上皮を保存しておく、ステント留置が不要になる。両側反回神経麻痺においては、CO₂レーザーを用いたtransverse cordotomyとlaser arytenoidectomyが内腔から行う、代表的な声門開大術となっている。

キーワード：喉頭癌、喉頭乳頭腫、喉頭血管腫、喉頭狭窄、両側反回神経麻痺

Abstract

Laser has now become an important tool in the laryngeal and tracheal surgeries, providing sharp and bloodless cut in the narrow and long surgical fields. In this article, usefulness of various lasers and surgical procedures in microlaryngeal surgery, which is basic surgical setting in the laryngeal and tracheal surgeries, for various laryngeal diseases are reviewed. In laryngeal cancer, CO₂ laser surgery is indicated for T1-T2 lesions. However, in Europe, fractional tumor resection is spread and even T3-T4 lesions are indicated. In the near future, the spread of this European surgical concept is anticipated in Japan. In laryngeal papilloma, in addition to the CO₂ laser vaporization, postoperative adjuvant therapy is important for the prevention of the recurrence. In laryngeal hemangioma, KTP laser coagulation is effective as well as resection using CO₂ laser. In laryngeal stenosis, only hemicycle of stenotic area is resected with laser and another hemicycle of epithelium is left intact, enabling the stent insertion unnecessary. In bilateral recurrent laryngeal nerve paralysis, transverse cordotomy and laser arytenoidectomy using CO₂ laser are representative endoscopic procedures to widen the glottis.

Key word : laryngeal cancer, laryngeal papilloma, laryngeal hemangioma, laryngeal stenosis, bilateral recurrent laryngeal nerve paralysis

1. はじめに

喉頭・気管領域は、耳鼻咽喉科領域の中でも、管腔状に狭く長い気道を扱うという特徴があり、手術の際は狭い術野で視野を妨げず円滑に手術が進められるように、可能な限り出血を抑えた手技が求められる。シャープにかつ無血的に切開が可能なレーザーのこの領域への導入は、大きな福音をもたらし、いまやレーザーは欠かせないツールとなっている。本稿では、まず、喉頭気管領域の手術の基本となるラリngoマイクロ手術(喉頭微細手術)について述べ、さらにレーザーが手術において重要な役割を果たしている疾患について解説する。

2. ラリngoマイクロ手術(喉頭微細手術)

この手術は全身麻酔下に、経口的に直達喉頭鏡(Fig.1A)を挿入して、両側声帯あるいはその周辺を展開し、手術用顕微鏡で拡大視をして手術操作を行う、喉頭内視鏡手術(Fig.1A-D)である。喉頭手術の中で、最もよく行われる手術のひとつといえる。レーザーを手術に使用する際は、ラリngoマイクロ手術の環境下に行うことがほとんどである。

CO₂レーザーを用いる際は、マイクロマニピレーターを用い(Fig.1B) focused beamで切開を行う手技が基本となる。また、CO₂レーザーは大半が水分に吸収されるので、声門下に照射された場合、気管内挿管チューブを損傷することがないように、水分を含んだ綿球を声門下に挿入する。

KTPレーザーを用いる際には、ハンドピース(Fig.1D)を用いて導光用ファイバーを喉頭鏡内に導いて使用する。

喉頭鏡内で使用する場合、視野の妨げになることがあるので、注意が必要である。

以下に各疾患におけるレーザーの応用について述べる。

3. 喉頭癌

喉頭癌は耳鼻咽喉科が扱う頭頸部癌の中で、最も頻度の高い癌である。また、喉頭は、発声、嚥下、呼吸という人が生きて行くには欠かせない機能を司る器官であり、癌の切除のために喉頭全摘出術を行うと、発声機能を喪失し、永久気管孔が頸部に設置され、Quality of Life (QOL) が著しく低下する。そのため、現在の喉頭癌の治療においては、癌の治療はもちろんのこと、それと同時に、喉頭機能を温存することが求められている。

喉頭機能を温存する喉頭癌治療には、大きく2つの流れがある。ひとつは放射線治療であり、早期癌では放射線単独で治療を行い、進行癌ではシスプラチンを代表とする化学療法(抗癌剤)を同時併用して放射線治療の効果を増強させた治療を行う。もうひとつは、喉頭機能温存手術である。これは部分的に喉頭を切除して喉頭機能温存と癌の摘出を両立させる手術のことである。喉頭機能温存手術にも、頸部を切開する手術と、切開せずに経口的に喉頭鏡を入れて行う手術(前述のラリngoマイクロ手術)に大別できる。前者は、頸部皮膚だけでなく、気道確保のために気管切開も必要であるが、後者では皮膚切開も気管切開も必要ないので、低侵襲である利点があり、CO₂レーザーがとても重要な役割を演じている。

手術は、全身挿管麻酔を行って、ラリngoマイクロ手術下にCO₂レーザーを用いて切除を行う。喉頭鏡は、側孔に煙吸引用の吸引管を挿入できるタイプを用いる。喉頭展開は非常に重要で、患側声帯の腫瘍を明視下におき、死角がなく切除できるようにする。仮声帯が視野を妨げるときには、喉頭鏡で仮声帯を圧排し、声帯外側まで展開するが、それでも十分な視野が確保できないときは仮声帯を蒸散してもよい。良い視野が確保できたら、腫瘍辺縁に正常粘膜を付着させるように切除する。この際鉗子で声帯を内方に牽引してテンションをかけると、切除しやすい。

この手術の適応は未だに議論の多いところで、手術単独で完全切除を目指して行われる場合と、切除後に放射線治療の追加を想定して減量術として行われる場合がある。我々は¹⁾、前者の概念のもとに行っており、腫瘍を蒸散するのではなく、腫瘍に正常粘膜のマージンをつけて一塊に切除できる範囲を適応としている。(dysplasia等の前癌病変に対してはこの限りではない。)したがって、一側声帯に局限するT1aか喉頭室への軽度の浸潤を伴った一側性のT2に対して行っている。最もよい適応は膜様部中央に局限するT1aである。声門癌T1a症例における手術をFig.2A-Dに示す。

しかし近年ドイツのSteinerら²⁾が、出血なく切除できるCO₂レーザーの特徴を利用し、腫瘍の分割切除という概念を提唱した。この方法では一塊で腫瘍を切除するという従来の癌切除の概念に捉われないので、狭い内視鏡の視野でも、大きい腫瘍の摘出を可能とし、頸

Fig.1 A: Direct laryngoscope for microlaryngeal surgery
B: Manipulator for CO₂ laser attached to surgical microscope
C: Appearance of microlaryngeal surgery with CO₂ laser
D: Handpiece for induction of KTP laser having the suction channel for the plume

Fig.2 A: Microlaryngoscopic finding of left T1a glottic carcinoma. Tumorous lesion with keratosis was observed on the left vocal fold.
 B: Marking of resection area with CO₂ laser.
 C: Cutting layer was confirmed by holding mucosal edge with forceps and tumor was resected en bloc using CO₂ laser.
 D: After resection of the tumor with vocal ligament

部外切開で行っていた手術が内腔から可能になった。さらに、優れた腫瘍学的成績や術後喉頭機能が示されており、従来は適応外とされていたT3, T4症例にも適応になってきた。既に、ヨーロッパではEuropean Laryngological Societyにより声門癌に対するレーザー切除の範囲の定義と分類が提唱され³⁾、術式が細分化されており、今後それに対応した腫瘍学的成績と術後の喉頭機能が示されてくるものと思われる。この手術は世界的に普及しつつあり、益々発展が期待される領域である。

4. 喉頭乳頭腫

喉頭乳頭腫は発症時期の違いから若年型と成人型に分けられる。一般に、若年型は生後6ヶ月から4-5才の間に発症し、多発性再発性の臨床経過をたどり、思春期以降にしばしば自然寛解することが多い。一方、成人型は単発性のものも多く、単回の手術で制御されることもしばしばであるが、時に癌化することもある。病理組織学的には両者の間に明らかな差はないとされるが、臨床像は異なっており、手術時の対処法も異なる。

単発性乳頭腫(成人の場合が多い)の場合は正常組織を含めるように切除するのみで、根治できることが多い。多発性乳頭腫(小児のほとんどと成人の一部)の場合、Human Papilloma Virus (HPV) 6 型および 11型が腫瘍形成に関与しており、特に腫瘍周囲の一見正常に見える組織

Fig.3 A: Microlaryngoscopic finding of laryngeal papillomatosis in 6-year-old male patient.
 B: After tumor reduction by cold instruments, residual tumor was vaporized using CO₂ laser. Wet cotton was placed at subglottic area for the protection of the intubation tube.
 C: After resection of the tumor

にもウイルス感染が起こっていることがあることと、ウイルスを播種することが再発の原因になることを念頭におく必要がある。多発性乳頭腫の手術(Fig.3A-C)は、CO₂レーザーを用いたラリngoマイクロ手術が基本であるが、腫瘍の全摘を目指す一方、正常粘膜は可能な限り保存し、発声呼吸機能の改善にも努めなければならない⁴⁾。CO₂レーザーは、止血効果に優れ、良好な視野を提供し、円滑に手術が行える。しかし、その反面、頻回に使用すると喉頭気管の癒着性狭窄の発生を助長する。したがって、レーザーの使用を最小限かつ効果的にする目的で、いわゆるcold instrument (通常の鉗子やハサミ等の手術器具)を併用する。

まず大きな腫瘍のみcold instrumentを使って切除を行う(Fig.3A)。ただし、この際あえて正常粘膜まで付着させて取る必要はなく、後に基部の部分はCO₂レーザーにて蒸散する。また、表在性の腫瘍にも手をつけない。切除された大きい腫瘍は病理組織検査に必ず提出し、悪性化や異型性の有無をチェックする。次に、レーザーによる蒸散に移る(Fig.3B)。乳頭腫形成に関与するHPVは粘膜上皮層で発育増殖するので、レーザーによる蒸散は原則的には上皮層のみで充分であり、必要以上に深部までは行わない。腫瘍の周辺はわずかに健常組織を含むようにし、必要以上に広範囲に蒸散しない。死角となりやすい声門下、喉頭室、喉頭蓋喉頭面等の残存腫瘍を見逃さないように、喉頭鏡はこまめに入れ替えたり、鉗子等で邪魔になる部位を圧排したり、声帯を翻転させたりして視野を確保する。それでも、死角が観察しにくく、レーザーが照射できない時は、我々が作製したラリngoマイクロ用のミラー⁶⁾を用いて、レーザー光を反射させて照射している。別な方法としては、前述のように、YAGやKTPレーザーをハンドピースを用いて導光用ファイバーを喉頭鏡内に導いて照射することもできる。

また、過度の蒸散を防止すると同時に、微小な取り残しを再蒸散させる目的で、初回手術後の10日目前後に2

回目の手術を行う2段階手術(two-stage operation)⁷⁾も有効である。この方法は前交連部の癒着による横隔膜形成防止にも役立つ。

喉頭乳頭腫の多発性再発性傾向が強い場合は、外科的治療のみでは制御が困難で、手術に加え有効な補助療法の併用も必要となる。様々な薬剤が試みられてきたが、決定的なものは無いのが現状である。現在までのところ、 α 型インターフェロンの全身投与が最も効果が確立した薬剤であり、米国の多施設の無作為化試験にて少なくとも6ヶ月間の有効性が示されている^{8,9)}。また、最近特に米国ではキャベツ等の十字花科植物の主成分であり、エストロゲン代謝を調節して抗腫瘍作用を示すI3C(indole 3 carbinol)をダイエットサプリメントとして与える治療^{10,11)}や抗DNAウイルス剤のcidofovirの局注¹²⁾が有望視されている。我々は乳頭腫に対する補助療法として、数年前より独自に漢方薬を用いているが、残存腫瘍の縮小効果や再発予防効果がみられている¹³⁾。

5. 喉頭血管腫

血管腫は血管の増殖よりなる良性の病変で、その中には真の腫瘍、組織奇形(過誤腫)や刺激による反応性の増殖を含んでいるが、それぞれを組織学的に区別する明らかな基準はないとされる¹⁴⁾。発生時期により、幼児型と成人型に分けられ、幼児型は毛細血管性血管腫(capillary hemangioma)、成人型は海綿状血管腫(cavernous hemangioma)が多い¹⁵⁾。

幼児型は頻度は少ないが、声門下が多いとされ、大体生後6ヶ月頃に嗄声、喘鳴、呼吸困難、摂食不良等の症状を呈する。赤紫色の表面平滑な粘膜下腫瘍であることが多く、女兒に優位で、約半数の症例に皮膚血管腫を認める。多くは自然寛解することが多いが、増大するものに対して気管切開等の適切な気道確保が重要となる。腫瘍そのものに対してはCO₂レーザーを用いたラリngoマイクロ手術が有効とされ、ステロイドの全身投与や局注も有効とする報告もある⁵⁾。

Fig.4 Laryngeal hemangioma at the left arytenoid area. (arrows)

成人型は声門上部に好発するが、声帯に発生した場合は嗄声を訴えるが、披裂部、仮声帯に発生した場合は症状に乏しい。血管腫は暗赤色から紫色を呈し、平滑あるいは桑実状腫瘍の外観(Fig.4)であるため、喉頭内視鏡により診断は比較的容易である。しかし、組織診のための生検や穿刺は出血の危険があるため、安易に行うべきではない。したがって、血管腫が疑われる場合は、切除生検とするのが望ましい。

成人型血管腫の手術は、腫瘍が比較的小さい場合はCO₂レーザーを用いたラリngoマイクロ手術で対処できる。ヘモグロビンに吸収されやすいKTPレーザーによる光凝固療法¹⁶⁾も有用である。硬化療法も行われる。しかし、腫瘍が大きい場合は、頸部外切開により、腫瘍を明視下に置き確実に摘出する必要がある⁵⁾。

6. 喉頭狭窄

喉頭狭窄は、広義には急性炎症(急性喉頭蓋炎や急性声門下喉頭炎など)や良性、悪性の腫瘍の増殖、あるいは声帯運動障害(反回神経麻痺など)による狭窄も含まれる。しかし、一般に喉頭狭窄と呼ばれるものは、外傷性、術後性、先天性、慢性炎症などを原因とする、瘢痕性喉頭狭窄のことを指すことが多い。

瘢痕性喉頭狭窄のうち、レーザー治療の対象となるものは、ラリngoマイクロサージェリーで内腔から治療可能なものである。内腔から治療可能なものとは、狭窄の厚さが1 cm以下のもので、喉頭の軟骨の枠組みが保たれているものが目安となる¹⁷⁾。狭窄部がさらに厚く、喉頭の軟骨の枠組みが破壊されているものは、外切開手術の適応となる。

瘢痕性喉頭狭窄の治療の考え方は、瘢痕組織で狭窄した部分を切除し内腔を拡張した後、十分な内腔を確保したまま上皮化を達成することが重要である。それには瘢痕組織を切除したあと、raw surface(上皮欠損部)が上皮化するまで、ステントを挿入して、再狭窄を防止する必要がある¹⁸⁾。

レーザーは瘢痕組織を切除する際にはシャープに無血的に切除が可能なので手術を円滑に進める上で有用であるが、レーザーで切除したからといって、再狭窄を来しにくい訳ではないので、狭窄部を切除した後にFig.5A-Bにあるような何らかのステントの挿入が必要である。

我々はステント挿入を極力避けるようなレーザー手術の工夫を行っている。狭窄部全周にわたり切除すると、raw surfaceも大きくなり、再狭窄防止のステント挿入が必須となるので、まずは半周のみ切除を行う。このようにすると、残りの半周は上皮が残るので、治療過程で癒合癒着を起こしにくくなり、ステント留置も不要となる。半周切除で拡大が不十分なときは、切除側の上皮化を待ち、反対側の切除を行う。このような切除を行った、他科で輪状甲状膜切開を施行した後に声門から声門下部に生じた瘢痕性狭窄症例をFig.6A-Bに示す。

Fig.5 Stents used in the surgeries for laryngeal stenosis

A: Silastic T-tube

B: Silastic plate for laryngeal web

Fig.6 A: Glottic and subglottic stenosis after cricothyrotomy. Only left hemicircle of stenotic area was resected (dotted line), leaving right hemicircle of epithelium intact.

B: Finding at the end of surgery. Residual epithelium prevented postoperative re-stenosis and insertion of the stent was not necessary.

7. 両側反回神経麻痺

反回神経麻痺は、甲状腺、食道、肺の悪性腫瘍やその術後、大動脈瘤、気管内挿管、上気道感染など様々な原因で発症する。片側性麻痺では、声門閉鎖不全となり嗄声や誤嚥を呈するが、両側性麻痺では声門開大不全となり、呼吸困難を呈する。

両側反回神経麻痺においては、声門開大術が治療としてよく行われる。外切開手術としてはWoodman手術やEjnell手術があるが¹⁹⁾、内腔からCO₂レーザーを用いて行う手術としては、transverse cordotomy²⁰⁾ (声帯横切開術)やlaser arytenoidectomy²¹⁾ (レーザー披裂軟骨摘出術)が代表的である。transverse cordotomyは声門前部(声帯膜様部)をlaser arytenoidectomyは声門後部(披裂部)を切除して気道を広げるものである (Fig.7)。

8. おわりに

以上に述べたように、喉頭・気管領域においてはレーザーが様々な疾患に応用され、重要な役割を果たしてい

Fig.7 Representative procedures in microlaryngeal surgery with CO₂ laser for bilateral recurrent laryngeal nerve paralysis. Dotted lines show incision line.

A:transverse cordotomy. Transverse Incision is made at membranous vocal fold anteriorly to the vocal process.

B:laser arytenoidectomy. Incision is made at arytenoid cartilage.

る。現在、あらゆる領域の手術は低侵襲化の時代の流れの中にあるが、喉頭・気管領域においても例外ではなく、内視鏡手術の重要性は益々高まっている。それに伴ってレーザーの役割もより大きくなっていくことは疑いの余地がなく、今後のさらなる発展が期待される。

参考文献

- 1) 塩谷彰浩：声門癌，手術範囲と術式. JOHNS, 20: 1391-1397, 2004.
- 2) Hinni ML, Salassa JR, Grant DG, et al. Transoral laser microsurgery for advanced laryngeal cancer. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 133: 1198-1204, 2007.
- 3) Remacle M, Eckel HE, Antonelli A, et al: Endoscopic cordectomy. A proposal for a classification by Working Committee, European Laryngological Society. Eur Arch Otorhinolaryngology 257: 227-231, 2001.
- 4) 塩谷彰浩：喉頭乳頭腫手術—再発予防のための対策，イラスト手術手技のコツ，耳鼻咽喉科・頭頸部外科 咽喉頭頸部編 村上泰監修 飯沼寿孝 木田亮紀 小林俊光 久育男 森山寛 編集，258-260, 2005. 東京医学社.
- 5) 塩谷彰浩：喉頭良性腫瘍と手術, JOHNS 19: 1275-1279, 2003.
- 6) Shiotani A, Fukuda H, Kawaida M et al: Newly designed specula for laryngomicroscopy. Diag Ther Endoscopy 3: 73-78, 1996.
- 7) Sakoh T, Fukuda H, Sasaki S, Sakaguchi R, Shiotani A, Kawaida M, Kanzaki J: Laryngomicrosurgery with carbon dioxide laser for laryngeal papillomatosis: application of a two-stage operation. Auris-Nasus-Larynx 20, 223-229, 1993.
- 8) Healy GB, Gelber RD, Trowbridge AL, et al: Treatment of recurrent respiratory papillomatosis with human leukocyte interferon; Results of a multicenter randomized clinical trial. N Eng J Med 319: 401-407, 1988.
- 9) Leventhal GB, Kashima HK, Mounts P, et al: Long-term response of recurrent respiratory papillomatosis to treatment with lymphoblastoid interferon alfa-N1. N Eng J Med, 325:

- 613-617, 1991.
- 10) Auburn K, Abramson A, Bradlow HL, et al: Estrogen metabolism and laryngeal papillomatosis: A pilot study on dietary prevention. *Anticancer Res*, 18: 4569-4573, 1998.
 - 11) Rosen CA, Woodson GE, Thompson JW, et al: Preliminary results of the use of indole-3-carbinol for recurrent respiratory papillomatosis. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 118: 810-815, 1998.
 - 12) McMurray JS, Connor N, Ford CN. Cidofovir efficacy in recurrent respiratory papillomatosis: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 117: 477-83, 2008.
 - 13) 塩谷彰浩, 大久保啓介, 福田宏之 ほか: 小児喉頭乳頭腫—手術療法および補助療法としての漢方療法— 喉頭 14: 69-73, 2002.
 - 14) 増田弘毅: 血管の腫瘍標準病理学, 町並陸生監修, 339-341, 2002. 医学書院.
 - 15) Myers JN, Myers EN, Barnes EL Benign neoplasm of the larynx pp443-457 in *The larynx: A multidisciplinary approach* edited by Fried MP, Mosby, St Louis, 1996.
 - 16) 庄司和彦, 児島久剛, 大森孝一: KTPレーザーによる咽喉頭血管腫の光凝固 耳鼻臨床87: 298-299, 1994.
 - 17) 北原哲: 喉頭気管狭窄 耳鼻咽喉科・頭頸部外科のレーザー治療(耳鼻咽喉科診療プラクティス)池田 勝久, 加我君孝, 岸本 誠司, 久保 武編, 84-87, 2002. 文光堂
 - 18) 齋藤康一郎, 塩谷彰浩, 大久保啓介, ほか: 癬痕性喉頭気管狭窄症例の検討 とくに上方充填型Tチューブの有用性について 日気食会報, 55: 229-234, 2004.
 - 19) 齋藤康一郎, 塩谷彰浩, 大久保啓介, ほか: 両側性反回神経麻痺症例の臨床的観察 喉頭, 15: 23-27, 2003.
 - 20) Kashima HK. Bilateral vocal fold motion impairment: pathophysiology and management by transverse cordotomy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 100:717-721, 1991.
 - 21) Ossoff RH, Sisson GA, Duncavage JA, Moselle HI, Andrews PE, McMillan WG. Endoscopic laser arytenoidectomy for the treatment of bilateral vocal cord paralysis. *Laryngoscope*. 94: 1293-1297. 1984.

著者紹介

塩谷 彰浩 (Akihiro Shiotani)

昭和62年, 慶應義塾大学医学部 卒業.

同年, 同耳鼻咽喉科学教室 入局. 平成

5年, 慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科学

教室 助手. 平成7年, Johns Hopkins大

学医学部 客員研究員として留学. 平成

10年, 慶應義塾大学伊勢慶應病院耳鼻

咽喉科 部長. 平成12年, 慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科

学教室 専任講師. 平成17年, 同助教授. 平成18年, 防衛

医科大学校耳鼻咽喉科学 教授.