論 説

レーザーを使用した中耳手術

西 崎 和 則

Laser Assisted Middle Ear Surgery

Kazunori Nishizaki

(Okayama University)

Although modern laser systems offer excellent hemostatic ability and accurate cutting, the use of the laser in ear microsurgery has not become widespread other than in stapes surgery, mainly due to cost ineffectiveness and lack of recognition of the laser as an essential tool. However, the refinement of laser technology such as the flashscanner has brought attention to the use of lasers in the treatment of secretory otitis media. Laser assisted tympanic membrane fenestration is discussed with a review of the literature. In addition, a description of the technique used for laser assisted tympanoplasty, which we perform for resecting tympanosclerotic lesions in chronic otitis media or extirpating cholesteatoma medial to the ossicles, is reported.

Key words : middle ear surgery, laser assisted tympanic membrane fenestration, laser assisted tympanoplasty

はじめに

耳科手術の進歩に手術用顕微鏡, マイクロドリルなどの手術器械と画像診断の発達など現代の技術革新が多大な貢献をしていることは論を待たないが, 鼻科手術に広く導入されているレーザーはアブミ骨手術を除いてあまり使用されていない。これは高価なレーザーを使用してもレーザー加算が腫瘍を除く耳科手術で保険の適用が認められていないこと, 手術の成功は術者の技量に負うところが多く, レーザーが必須の器械とはいえないことが大きく影響している。

レーザーが耳科手術に1970年代に導入されて¹⁾²⁾, すでに20年が経過した。アブミ骨手術において, レーザー使用の優越性は広く認識されている。新しい種類のレーザーが紹介されるたびにその手術成績が報告されているが^{1)3)~7)}, 一般的に使用されているKTPレーザーと炭酸ガスレーザーでは術後成績に差は認められてい

ない⁸⁾⁹⁾。また, レーザーはアブミ骨の再手術例において, 合併症の発生を防止するのに有用である^{9)~11)}。

その他の耳科手術で, 内耳の手術にレーザーを用いた報告も散見される^{12)~16)}。鼓膜形成術や鼓室形成術の際には, レーザーは鼓膜穿孔の新鮮化, 硬化性病変の除去, 真珠腫組織の蒸散にその止血作用や内耳への機械的な影響が少ないという特性から適用されるが, 実際の報告例は少ない。

現在, 耳科手術に主に用いられているレーザーは炭酸ガス, KTP, アルゴンレーザーで, 各レーザーの特徴を表1に示す。これらに加えて, 新しいタイプのフラッシュスキャン型の炭酸ガスレーザーを外来で安全に使用可能にしたOtoLAM™ (ESC Sharplan, イスラエル) がすでに欧米において滲出性中耳炎の治療に使用されている。

ここでは, レーザーによる鼓膜開窓(laser assisted

表1 各レーザーの比較

	炭酸ガス	KTP	アルゴン	Er:YAG
デリバリーシステム	ファイバー/関節アーム/ 手術顕微鏡	ファイバー/手術顕微鏡	ファイバー	ファイバー/手術顕微鏡
値段	600万円	2,750万円	710万円	498万円
スポットサイズ	0.1~0.3 mm	0.2~0.6 mm	0.05~0.5 mm	0.4~0.6 mm
ガイド光	ヘリウムネオン	KTP	アルゴン	ヘリウムネオン
最大出力	40 W	36 W	16 W	3.5 W
波長	10,600 nm	532 nm	480~514 nm	2,940 nm
安全性	++	+	+	++
スペクトル	非可視	可視(緑)	可視(青緑)	非可視
浸透度	30 μ m	0.9 mm	0.8 mm	3 μ m
吸収	水	赤色素	赤色素	水

KTP : potassium titanyl phosphate

Er:YAG : erbium:yttrium-aluminum-garnet

tympenic membrane fenestration) について、文献的な考察を行い、さらに硬化性病変をもつ慢性中耳炎や聴力正常で耳小骨の内側に進展した真珠腫に対して当科で行っているレーザーによる鼓室形成術(laser assisted tympanoplasty)についても紹介する。

レーザーによる鼓膜開窓

耳科領域のレーザー使用において、最近レーザーによる鼓膜開窓が欧米で脚光を浴びているが、鼓膜切開に初めてレーザーを臨床で使用した文献的な報告は1982年までさかのぼる¹⁷⁾。滲出性中耳炎に炭酸ガスレーザーを使用して鼓膜切開が行われた。相前後して動物実験による検討が報告されている^{18)~20)}。その後、炭化層形成による創傷治癒の遷延化に伴って、永久穿孔が起こる例があることなどの反省から一時衰退していた。しかし、最近のフラッシュスキャンなどレーザーの技術革新やアタッチメントの工夫によって正確性と安全性が増し、小児にも外来で局麻下に意図した大きさの鼓膜開窓を正確に実施できるようになり、さらにレーザーで鼓膜を切開するのではなく、開窓するという概念の変化に伴って、再評価されるようになった。

滲出性中耳炎に対する治療として、鼓膜切開術や鼓膜チューブ留置術が広く行われている。その有用性に関しては議論の余地はないが、鼓膜経由での換気を必要とする期間は十分に解明されていない。鼓膜切開刀による鼓膜切開の欠点としては、鼓膜穿孔がきわめて短期間で閉鎖することにより、滲出性中耳炎が再発することが挙げ

られる。一方、鼓膜チューブ留置術では長期留置による耳漏、鼓膜の石灰化や萎縮、永久穿孔などの合併症が生じやすい。これらの欠点を補うため、Goode¹⁷⁾は3週間程度の鼓膜経由での換気を意図して、レーザーによる鼓膜切開を行い、50%以上の効果を認めた。実際、鼓膜刀による切開よりレーザーを用いた場合に、鼓膜穿孔が閉鎖するまでに要する時間は約2倍に延長することが動物実験により明確にされている¹⁸⁾。

鼓膜開窓には炭酸ガスレーザーが使用されている。これは炭酸ガスレーザーのエネルギーがKTPレーザーなどとは相違して水に吸収されるため、鼓膜を蒸散させるのに必要とする以上のエネルギーが照射された場合でも、中耳の貯留液によって過剰なエネルギーが吸収され、岬角の粘膜が保護されるからである。最近ではビデオと耳鏡とフラッシュスキャナー炭酸ガスレーザーを一体化したOtoLAMTMが使用されている²¹⁾²²⁾(日本では2001年4月末の時点で未認可)。この長所は、小児でも鼓膜の浸潤麻酔で、外来で安全に鼓膜開窓が施行できる点である。ただし、術後成績では従来型の炭酸ガスレーザーとOtoLAMTMでは差は認められなかった²²⁾。

鼓膜開窓の大きさは3週間程度の鼓膜からの換気を期待して決定されるが、OtoLAMTMを使用していない場合には正確な開窓は期待できない。報告による差はあるが、開窓の大きさについて、2 mm 径の開窓を目指し、2.5 mm 以上の穿孔が生じると永久穿孔の危険性が増すとした報告¹⁷⁾、1.5~2.0 mm 径(平均1.6 mm)の開窓を行うと閉鎖までに平均3.14週かかり、3 mm 以上の開窓

では永久穿孔の危険性が増すとした報告²³⁾, 1.4~2.6 mm 径(平均 2.5 mm)の開窓をした報告²²⁾ などがある. Cohen ら²⁴⁾ は 1.6~2.6 mm 径の開窓を行い, 5 週間以内で全例閉鎖したと報告している. 鼓膜穿孔の維持にステロイドの局所使用は無効であったが²³⁾, マイトマイシン C の局所使用は動物実験で有効であった²⁵⁾²⁶⁾. 開窓する部位はほとんど前下象限である(図 1)が, ツチ骨柄の直前や後下象限に開窓した報告もある²³⁾.

レーザーの照射条件は鼓膜の性状や使用する炭酸ガスレーザーの種類にも左右される. 14 W, 0.1 秒, スポットサイズ 1 mm の 1 回, 時に 2~3 回の照射が必要とした報告¹⁷⁾, フォーカス法ではスポットサイズ 0.65 mm, 1 W, 0.1 秒で必要があれば 1.5~3 W まで出力を上げ, 円周上に数回照射し, デフォーカス法ではスポットサイズ 1.64 mm, 15 W, 0.1 秒で照射した報告²³⁾, 12 W, 0.1 秒, スポットサイズ 2 mm を用いた報告²⁷⁾ などがある. OtoLAMTM の照射条件として, Siegel ら²²⁾ はスポットサイズ 0.2 mm, 2.5~15 W (典型例で 14 W, 平均 9.3 W), 0.1 秒を用いている.

レーザーによる鼓膜開窓の滲出性中耳炎に対する治癒率は 78~84% で²³⁾, 術後平均 2.5 カ月の観察では 64% で再発を認めなかった²²⁾. これらの報告のなかでレーザーによる鼓膜開窓は, 医療経済的な面, 患者・家族の満足度も鼓膜チューブ留置術より高く, 副作用として重篤なものはみられず, 滲出性中耳炎で保存的な治療が無効な場合に第一に選択される外科的治療であると述べられて

いる.

その他, チュービング時の鼓膜開窓に OtoLAMTM を使用した報告²¹⁾ や高圧酸素治療中の滲出性中耳炎に対して炭酸ガスレーザーを使用して鼓膜開窓を行った報告²⁷⁾ がある.

レーザーによる鼓室形成術

慢性中耳炎に対してレーザーを使用した報告は少ないが, これはレーザーを使用する必然性が乏しいためである. レーザーは止血作用や内耳への機械的な影響を最小にとどめるという特性から, 鼓膜穿孔縁の新鮮化, 耳小骨(ツチ骨固着など)²⁸⁾ に対する操作に使用される. また, 真珠腫の蒸散, 特に真珠腫は骨組織よりレーザー吸収能が高いので, アブミ骨の脚に付着した, あるいはアブミ骨の脚の間に進入した真珠腫を蒸散できる^{29)~31)}. レーザー使用が真珠腫上皮をより確実に消失させ, 確認手術(revision operation)の必要性を減少させるか否かには今後の検討が必要である. その他, 耳小骨再建材料(コルメラ)に使用する軟骨, 耳小骨を必要な形のトリミングに³²⁾, 筋膜の残存鼓膜との接着²⁾³³⁾³⁴⁾ にも用いられる.

一般に中耳手術に対しては KTP レーザーが使用されるが, その照射条件は, フェイバー径 0.4 mm, 骨組織には 5 W, 0.2 秒, 一般には 3~5 W, 0.2 秒, 顔面神経や卵円窓の近くでは 2 W, 0.1 秒でパルスモードが推奨されている³⁰⁾. 以下に報告する手術症例に対しても同様の条件を適用した.

1) 硬化性病変を伴う慢性中耳炎

著者は慢性中耳炎でパッチテストを行い, 気導骨導差が十分に解消しない症例に対して, 積極的に硬化性病変の除去を行っている. この操作に最近では KTP レーザーを使用している. レーザー使用の卓越性は, 前述したように耳小骨周囲の操作による内耳への機械的な影響を少なくすることである. 硬化性病変除去の際にレーザー使用により, 内耳への影響が避けられるか否かをパッチテストで気導骨導差が解消されない中心穿孔型慢性中耳炎で検討した³⁵⁾³⁶⁾. 対象は岡山大学附属病院耳鼻咽喉科で 1996 年から 1999 年にかけて手術が施行された硬化性病変を伴う中心穿孔性慢性中耳炎 40 耳で, 硬化性病変除去に KTP レーザーを使用した 16 耳(以下, 使用群)と非使用の 24 耳(以下, 非使用群)で比較した. 硬化性病変は主に前ツチ骨靱帯周囲, 後キヌタ骨靱帯, アブミ骨

図 1 上顎癌の術後照射中に発生した滲出性中耳炎に対して, 通常の炭酸ガスレーザーで施行された鼓膜開窓(10 W, 0.1 秒, 2 回照射).

表2 レーザー使用群(16耳)と非使用群(24耳)の術前, 術後聴力

A : 骨導値(4分法), B : 気導値(4分法)

周囲, ツチ骨柄とキヌタ骨長脚, 鼓膜前上部に認められた。使用群と非使用群で術前と術後の骨導値および気導値を4分法で検討すると(表2), 使用群では骨導値の平均は術前19.5 dBから術後17.2 dBと2.3 dB改善し, 気導値の平均は術前51.8 dBから術後33.6 dBと18.2 dB改善した。非使用群では骨導値は術前26.3 dBから

術後23.3 dBと3 dB改善し, 気導値の平均は術前54.6 dBから術後39.4 dBと15.2 dB改善した。気導値の改善は使用群で大きく, レーザー使用でより積極的に硬化性病変の除去が行われた可能性があるが, 両群間でマン・ホイットニーのU検定を行うと有意差は認められなかった($P=0.423$)。また, 骨導値が5 dB以上悪化した

ものは、使用群で3耳、非使用群で5耳で、両群間でフィッシャーの直接確率計算法を行うと有意差は認められなかった($P>0.999$)。高齢者で術前から骨導が低下している場合に術後に骨導が悪化することが認められた。このような場合は、内耳が脆弱と考えられ、硬化性病変の除去に際して、レーザーを使用しても十分に注意が必要と考えられた。

慢性中耳炎に対して、KTP レーザーは高い止血能と切開能のために使用されるが、その正確な操作性も高く評価されている。山本³⁷⁾はKTP レーザーを耳小骨、特にアブミ骨周囲の石灰化物除去に用いて、微細な操作が可能であったとしている。小林³⁸⁾はファイバーで使用するために外科医にとって大切な触感が失われないことを重要視している。KTP レーザーの欠点として、自動アイセーフティーフィルターを装着できない手術顕微鏡では術者が防護用の眼鏡を装用する必要があり、術野がコントラストを欠き、色調も茶色味を帯び、組織の判別がつきにくいことが挙げられる。

2) 真珠腫

真珠腫に対して、レーザーは真珠腫組織の蒸散に用いられている。著者はここで視点を変え、耳小骨周辺の病巣除去の際に内耳への影響を最小限にとどめるというレーザーの特性を生かし、KTP レーザーを用いて、耳小骨を切断した³⁹⁾。対象となる真珠腫例は、真珠腫が耳小骨内側に進展しているが、耳小骨連鎖が破壊されていないため気導骨導差をほとんど認めない症例である。一般にこのような場合はキヌタ骨と、必要に応じてツチ骨も摘出し、Ⅲ型変法を行うことになるが、必ずしも術前の聴力が維持されるわけではない。真珠腫の手術所見で、耳小骨靱帯と耳小骨の一部が破壊されているが、耳小骨連鎖は保持され、気導骨導差を認めない症例がある(図2)。このことから耳小骨靱帯を考慮して、耳小骨連鎖を維持するような耳小骨切断線(図3)をデザインし、それに従ってレーザーを照射した。切断後の局所所見を図4に、術後の鼓膜所見を図5に示す。このように症例は限られるが、従来なら変法を施行する症例に対して、耳小骨連鎖を保って、鼓室形成術を施行し、聴力を維持することができた。レーザーを使用したため内耳への機械的な影響を最小限にすることが可能で、術後の骨導値の低下は認められなかった。術後聴力も長期に維持されている(図6)。

レーザーで耳小骨を切断する場合に考慮しなければな

図2 真珠腫でキヌタ骨短脚が破壊されているが、耳小骨連鎖が保たれ、聴力が正常であった症例(I: キヌタ骨, C: 鼓索神経)。

図3 レーザーによる耳小骨の切断線

AML: 前ツチ骨靱帯, SML: 上ツチ骨靱帯, PIL: 後キヌタ骨靱帯。

らない点として、レーザー照射による熱変性で予想以上に骨が消失し、最終的には耳小骨連鎖が保存されない可能性が挙げられる。図7にレーザーで切断されたツチ骨頭を示す。炭化層は標本作製の過程で消失しているが熱変性の影響が約200 μm 近くまで認められる。しかし、このことは逆に明視下におけない耳小骨の内側に付着した真珠腫上皮も骨組織と同じく生物学的な活性を失うという利点も生じさせる。すなわち、真珠腫の残存の可能性を減少させる。上記2例の症例において、手術中に真珠腫を完全な明視下で摘出できたわけではないが、残存の可能性のある耳小骨内側の真珠腫はレーザー照射で、骨組織と同じく炭化されたと考えられる。これらの症例

A

B

図4 術中所見

A : 切断線1が適用された症例(M : ツチ骨頭の上部が切断されたツチ骨, I : キスタ骨体の上部が切断されたキスタ骨). B : 切断線2が適用された症例(M : ツチ骨, I : 短脚が切断されたキスタ骨).

では術後のCTでも再発像は確認されていない. その他の考慮点として, 耳小骨は白色なためKTPのレーザー光が反射され, エネルギーが耳小骨に十分吸収されないことが挙げられる. このため, 炭化層ができるまで, 血液を耳小骨に付着させる必要がある⁴⁰⁾.

KTPレーザーを使用して耳小骨を切断する場合の最大の難点は時間がかかることである. 切断線2の所要時間は切断線1の半分以下であるが, それでも20分程度は必要である. 小林ら³⁸⁾も指摘しているようにKTPレーザーの健全骨組織に対する切開能は十分ではない.

Er : YAGレーザー(日本では歯科用にのみ認可)の骨切

A

B

図5 術後局所所見

A : 切断線1が適用された症例, B : 切断線2が適用された症例.

断能, 骨蒸散能が優れているという特性を生かして, 中尾ら⁴¹⁾は耳小骨の切断に用いて, 炭化層の形成がほとんどなく, 所要時間も短かったと報告している. しかし, Er : YAGレーザーが発する巨大な粘撥音による音響外傷がアブミ骨手術で報告されているので⁴²⁾, 使用には注意が必要である. Ho : YAGレーザーは整形外科などで骨の切断に用いられるが, 発生した衝撃波が内耳に機械的な振動を与えるため中耳手術には不適切である. 以上の点から, 中耳の特異性を考慮した, 骨削開に適したレーザーの開発が望まれる.

図6 術後聴力

A: 切断線1が適用された症例。実線は術前、破線は術後1年。

B: 切断線2が適用された症例。実線は術前、破線は術後9カ月。

レーザーによる合併症

レーザーの手術合併症としては、レーザーの種類によらず、めまい、難聴、顔面神経麻痺、鼓索神経損傷など、一般の耳科手術で起こる合併症が報告されている⁹⁾³⁰⁾。手術の合併症がレーザー使用によって防止されるわけで

図7 レーザーで摘出されたツチ骨頭の病理所見(HE染色)

はない。レーザーの直接作用としての内耳障害はアブミ骨手術などアブミ骨を照射するときに問題となる。連続モードでアブミ骨底板を照射中にカリック刺激によると考えられるめまいと眼振が報告されている³⁸⁾。外リンパ液のような透明な液体でエネルギーが減弱されない KTP やアルゴンレーザーではアブミ骨手術の術中にめまいを生じる可能性が指摘されている。また、Er: YAG レーザーは音響外傷を起こす可能性がある⁴²⁾。

顔面神経麻痺を引き起こす原因としては、照射による組織の温度上昇が指摘されている。この防止策として、顔面神経の解剖に習熟し、骨欠損がなくても顔面神経管への直接の照射は低出力でも避け⁴³⁾、顔面神経の近隣組織への照射の際には照射間隔を十分に取り、温度が上昇しないように注意を払う必要がある。最近レーザー照射による温度上昇で潜伏しているヘルペスウイルスが再活性化されて生じたと推測されるアブミ骨手術後の遅発性顔面神経麻痺が報告されている⁴⁴⁾。また、レーザーの直接作用による顔面神経の障害を防止するために、耳小骨をレーザーで焼灼するときには、内側に存在する顔面神経に常に注意を払う必要がある。顔面神経水平部がレーザー照射を受けないように保護するなど、慎重な操作を心掛けることが肝要である。

ガイド光としてヘリウムネオンを使用している炭酸ガスレーザーでは、ガイド光とレーザー光が同軸でないため、特に高倍率での顕微鏡下で問題となるが、ガイド光

が示すところと照射部位がずれることがあり、注意が必要である。

参考文献

- 1) Palva T : Argon laser in otosclerotic surgery. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **104** : 153~157, 1979.
- 2) Escudero LH, Castro AO, Drumond M, et al : Argon laser in human tympanoplasty. *Arch Otolaryngol* **105** : 252~253, 1979.
- 3) Lesinski SG and Stein JA : CO₂ laser stapedotomy. *Laryngoscope* **99** (6 Pt 2 Suppl 46) : 20~24, 1989.
- 4) Silverstein H, Rosenberg S and Jones R : Small fenestra stapedotomies with and without KTP laser ; a comparison. *Laryngoscope* **99** : 485~488, 1989.
- 5) Nagel D : The Er : YAG laser in ear surgery ; first clinical results. *Lasers Surg Med* **21** : 79~87, 1997.
- 6) Jovanovic S, Schonfeld U, Prapavat V, et al : Effects of pulsed laser systems on stapes footplate. *Lasers Surg Med* **21** : 341~350, 1997.
- 7) Jovanovic S, Schonfeld U, Fischer R, et al : Thermic effects in the "vestibule" during laser stapedotomy with pulsed laser systems. *Lasers Surg Med* **23** : 7~17, 1998.
- 8) Vernick DM : A comparison of the results of KTP and CO₂ laser stapedotomy. *Am J Otol* **17** : 221~224, 1996.
- 9) Vernick DM : Laser application in ossicular surgery. *Otolaryngol Clin North Am* **29** : 931~941, 1996.
- 10) Lesinski SG and Stein JA : Lasers in revision stapes surgery. *Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg* **3** : 21~23, 1992.
- 11) McGee TM, Diaz-Ordaz EA and Kartush JM : The role of KTP laser in revision stapedectomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* **109** : 839~843, 1993.
- 12) Nomura Y, Hara M and Okuno T : Application of argon laser to inner ear. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **105** : 439~444, 1988.
- 13) Okuno T, Nomura Y, Young YH, et al : Argon laser irradiation of the otolithic organ. *Otolaryngol Head Neck Surg* **103** : 926~930, 1990.
- 14) Nomura Y, Okuno T and Mizuno M : Treatment of vertigo using laser labyrinthectomy. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **113** : 261~262, 1993.
- 15) Anthony PF : Partitioning the labyrinth for benign paroxysmal positional vertigo ; clinical and histologic findings. *Am J Otol* **14** : 334~342, 1993.
- 16) Anthony PF : Laser applications in inner ear surgery. *Otolaryngol Clin North Am* **29** : 1031~1048, 1996.
- 17) Goode RL : CO₂ laser myringotomy. *Laryngoscope* **92** : 420~423, 1982.
- 18) Söderberg O, Hellstrom S and Stenfors LE : Myringotomy made by CO₂ laser ; an alternative to the ventilation tube? An experimental study. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **97** : 335~341, 1984.
- 19) Wilpizeski C, Maioriello RP, Reddy JB, et al : Otological applications of lasers ; basic background. *Trans Pa Acad Ophthalmol Otolaryngol* **30** : 185~192, 1977.
- 20) Lyons GD Jr, Webster DB, Mouney DF, et al : Anatomical consequences of CO₂ laser surgery of the guinea pig ear. *Laryngoscope* **88** : 1749~1754, 1978.
- 21) Brodsky L, Brookhauser P, Chait D, et al : Office-based insertion of pressure equalization tubes ; the role of laser-assisted tympanic membrane fenestration. *Laryngoscope* **109** : 2009~2014, 1999.
- 22) Siegel G, Brodsky L, Waner M, et al : Office-based laser assisted tympanic membrane fenestration in adults and children ; pilot data to support an alternative to traditional approaches to otitis media. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* **53** : 111~120, 2000.
- 23) Silverstein H, Kuhn J, Choo D, et al : Laser-assisted tympanostomy. *Laryngoscope* **106** (9 Pt 1) : 1067~1074, 1996.
- 24) Cohen D, Siegel G, Krespi J, et al : Middle ear laser office ventilation (LOV) with a CO₂ laser flashscanner. *J Clin Laser Med Surg* **16** : 107~109, 1998.
- 25) Estrem SA and Vanleeuwen RN : Use of mitomycin C for maintaining myringotomy patency. *Otolaryngol Head Neck Surg* **122** : 8~10, 2000.
- 26) Estrem SA and Baker TJ : Preapplication of mitomycin C for enhanced patency of myringotomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* **122** : 346~348, 2000.
- 27) Vrabec JT, Clements KS and Mader JT : Short-term tympanostomy in conjunction with hyperbaric oxygen therapy. *Laryngoscope* **108** (8 Pt 1) : 1124~1128, 1998.
- 28) Sands CJ and Napolitano N : Use of the argon laser in the treatment of malleus fixation. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* **116** : 975~976, 1990.
- 29) Thedinger BS : Applications of the KTP laser in chronic ear surgery. *Am J Otol* **11** : 79~84, 1990.
- 30) Saeed RS and Robert KJ : Lasers in surgery for chronic ear disease. *Otolaryngol Clin North Am* **29** : 245~255, 1996.
- 31) 西崎和則 : レーザーを使用した耳科手術. *耳鼻臨床* **92** : 1260~1261, 1999.
- 32) DiBartolomeo JR, Ellis M and Barbara A : The argon laser in otology. *Laryngoscope* **90** : 1786~1795, 1980.
- 33) McKennan KX : "Tissue welding" with the argon laser in middle ear surgery. *Laryngoscope* **100** : 1143~1145, 1990.
- 34) Pyykkö I, Poe D and Ishizaki H : Laser-assisted myrin-

- goplasty —technical aspects. *Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl 543* : 135~138, 2000.
- 35) Nishizaki K, Ogawa T, Yuen K, et al : Tympanoplasty for tympanosclerosis and myringosclerosis. *The Proceedings of the Sixth International Conference on Cholesteatoma and Ear Surgery* (ed by Magnan J). in press.
- 36) 西崎和則 : シンポジウム “頭頸部病変に対するレーザー治療, 中耳手術 (KTP) —KTP レーザーを利用した鼓室形成術—”. 第21回日本レーザー医学会総会, 東京, 2000.
- 37) 山本悦生, 大村正樹, 水上千佳司, 他 : 中耳手術での KTP レーザーの使用経験. *耳喉頭頸* **66** : 260~264, 1994.
- 38) 小林俊光, 熊谷重城, 佐藤利徳, 他 : KTP レーザーの中耳手術における有用性. *耳喉頭頸* **65** : 625~630, 1993.
- 39) Nishizaki K, Yuen K, Ogawa T, et al : Laser assisted tympanoplasty for preservation of the ossicular chain in cholesteatoma. *Am J Otolaryngol* : in press.
- 40) Lundy LB : Otosclerosis update. *Otolaryngol Clinic North Am* **29** : 257~263, 1996.
- 41) 中尾善亮, 田中藤信, 奥 竜太, 他 : 中耳手術への Er : YAG レーザーの応用. *Otology Jpn* **10** : 169~171, 2000.
- 42) Häusler R, Schar PJ, Pratisto H, et al : Advantages and dangers of erbium laser application in stapedotomy. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **119** : 207~213, 1999.
- 43) Ator GA, Coker NJ and Jenkins HA : Thermal injury to the intratemporal facial nerve following CO₂ laser application. *Am J Otolaryngol* **6** : 437~442, 1985.
- 44) Ng M and Maceri DR : Delayed facial paralysis after stapedotomy using KTP laser. *Am J Otol* **20** : 421~424, 1999.

(別刷請求先 : 西崎和則
〒700-8558 岡山市鹿田町 2 丁目5-1
岡山大学医学部耳鼻咽喉科学教室)