

Desenvolvimento de protótipo para aplicação do laser de CO₂ na laringe humana a curtas distâncias

Prototype development for CO₂ laser application on human larynx at small distances

Plínio F. Morgado¹, Paulo Wagner²,
Luciano R. Neves³, Paulo A. de L. Pontes⁴

Palavras-chave: laser, laringoscopia, microcirurgia, laringe.
Key words: laryngoscopy, endoscopic surgery, laser, larynx.

Resumo / Summary

Introdução: A aplicação do laser de CO₂ na laringe é feito utilizando-se objetivas de $f = 350$ ou 400 mm, as quais convergem os raios para uma área mínima. A dimensão desta área ou *cintura do feixe*, é determinada por: $2\omega = \lambda f / \pi \omega^2$, onde 2ω é o diâmetro do feixe laser na entrada das lentes, λ o comprimento de onda do laser de CO₂. Desenvolvemos uma ponteira cirúrgica que converge e libera o feixe de laser próximo à laringe humana. Esta pequena cintura de feixe aumenta a precisão cirúrgica reduzindo o dano tecidual adjacente. **Objetivo:** Apresentar um sistema de convergência e liberação de raios laser próximo à laringe humana. **Forma de estudo:** Clínico prospectivo. **Material e Método:** O dispositivo é constituído por duas hastas metálicas cilíndricas unidas formando um ângulo de 135° com a horizontal. Um espelho posicionado nesta junção desvia o eixo do feixe luminoso neste mesmo ângulo. A ponteira foi acoplada ao braço articulado do laser e a exposição da glote foi feita por meio da videolaringoscopia angulada. O laser foi ajustado à potência entre 0,5 e 2,0 W com tempo de exposição de 0,05s. Três pacientes portadores de pólipos de prega vocal foram tratados com esta técnica. **Resultados:** O diâmetro resultante da cintura do feixe foi de 200 a 250 μm ($\lambda_{\text{CO}_2} = 10,6 \mu\text{m}$). Não houve dificuldades técnicas para a exposição da lesão alvo; as imagens foram adequadas para o tratamento. Não observamos sangramento ou tecido carbonizado adjacente à exérese. Em acompanhamento pós-operatório por dois meses não foram observadas retrações teciduais excessivas. **Conclusão:** O sistema óptico desenvolvido produziu cinturas de feixe menores que as utilizadas atualmente, provando ser útil no tratamento de pólipos de pregas vocais.

Introduction: Laser endolaryngeal surgery has been performed with 350 and 400mm focal length (f) lenses which converge the laser beam to a minimum spot size, called *beam waist*. The beam waist size can be described as: $2\omega = \lambda f / \pi \omega^2$, where λ is the CO₂ wavelength and 2ω is the beam diameter. We developed an optical system which produces a very small beam waist. This small shaft of laser is delivered precisely on the target resulting in a reduced impact spot size enhancing precision and lessening surrounding tissue trauma on laryngeal surgery. **Aim:** To present an optical system which delivers the laser beam at a small distance from the human glottis. **Study design:** Clinical trial. **Material and Methods:** The manufactured prototype has two metallic cylindrical shafts joined in a 135° angle from the horizontal. A coated mirror positioned in its joint change the ray path in the same angle. Two coated lenses converge the laser to a calculated beam waist. The hand piece was coupled to the laser articulated arm and the system was set to 0.5 – 2.0 W at 0.05 sec. exposure time. Laryngeal exposure was achieved with the angled videolaryngoscopy. Three patients with vocal fold polyp underwent laser surgery with the technique above described. **Results:** A beam waist ranging from 200 to 250 μm was obtained ($\lambda_{\text{CO}_2} = 10,6 \mu\text{m}$). The technique offered adequate laryngeal exposure and satisfactory image quality for a proper laser application. No technical difficulties nor major bleeding or mucosal charring was observed during the treatment. No excessive scarring was observed in a two-month follow-up laryngoscopy. **Conclusion:** The developed prototype produced very small laser shafts which are useful in the treatment of vocal fold polyps.

¹ Físico, Mestre em Otorrinolaringologia e Doutor em Medicina pela Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP-EPM.

² Bacharel e Mestre em Física pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

³ Aluno de especialização do Departamento de Otorrinolaringologia e Distúrbios da Comunicação Humana da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP-EPM.

⁴ Professor Titular do Departamento de Otorrinolaringologia e Distúrbios da Comunicação Humana da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP-EPM.

Endereço para correspondência: Rua Leandro Dupret, 459 – Vila Clementino – São Paulo – SP – Brasil. CEP 04025 – 011

E-mail: pfmorgado@ig.com.br

Artigo recebido em 19 de novembro de 2001. Artigo aceito em 10 de janeiro de 2002.

INTRODUÇÃO

O emprego do laser no tratamento de lesões da laringe humana vem sendo feito desde os primeiros ensaios clínicos realizados por Strong e Jako¹ há aproximadamente três décadas. A convergência do feixe luminoso após sua emergência do aparelho gerador era feita por micromanipuladores acoplados ao microscópio cirúrgico utilizando lentes de *distância focal* (f) de 350 e 400 mm. O estudo dos efeitos da aplicação do laser na mucosa laríngea foi feito realizando-se incisões cirúrgicas com intensidade de energia e tempo de exposição variáveis. Em média empregaram potência entre 15 e 20 W com tempo de aplicação de 0,2s. O menor diâmetro do feixe de laser, também conhecido como *cintura do feixe* (2ω), obtido àquela época foi de 2,0 mm.

Devido ao padrão irregular de impacto do feixe de laser sobre os tecidos, conseqüente às grandes cinturas de feixe empregadas, novos micromanipuladores surgiram fornecendo valores entre 0,8 e 1,2 mm de diâmetro para o feixe cortante. Esta redução da 2ω necessitava potência entre 8,0 e 10 W para sua aplicação na laringe. Recentemente, cinturas de feixe entre 250 e 300 μm foram produzidas com micromanipuladores tipo "microspot", utilizando distância focal de 400 mm^{2,3}. A potência utilizada foi reduzida para 0,5 a 3,0 W e o tempo de aplicação foi de 0,05 s.

A redução no diâmetro do feixe de laser devido à convergência dos raios luminosos por uma lente concentra a energia em uma área de dimensões menores, como pode ser observado na Figura 1. Desta forma, menor quantidade de potência é necessária, resultando em incisões cirúrgicas mais precisas com menor dano térmico aos tecidos adjacentes^{4,5,6}.

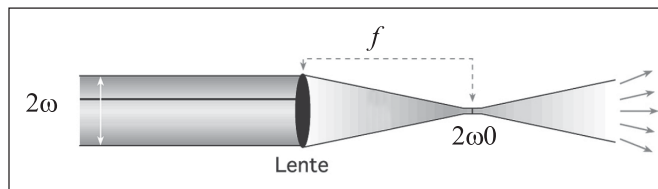


Figura 1. Cintura do feixe obtida após a passagem de um feixe luminoso de diâmetro 2ω por uma lente de distância focal (f).

Uma vez que a cintura do feixe é determinada por: $2\omega' = \lambda f / \pi \omega^2$, onde $2\omega'$ é o diâmetro do feixe na entrada da lente e λ o comprimento de onda do laser de CO_2 ⁷, reduzindo-se distância focal, obteremos cinturas de feixe menores.

Na tentativa de reduzir a potência utilizada durante a aplicação do laser na laringe, desenvolvemos um dispositivo que utiliza lentes de f menores, liberando o feixe a pequenas distâncias da lesão com o auxílio da videolaringoscopia angulada⁸ (Figura 2), produzindo diâmetros menores que os utilizados atualmente. Resultados preliminares deste estudo são aqui apresentados.

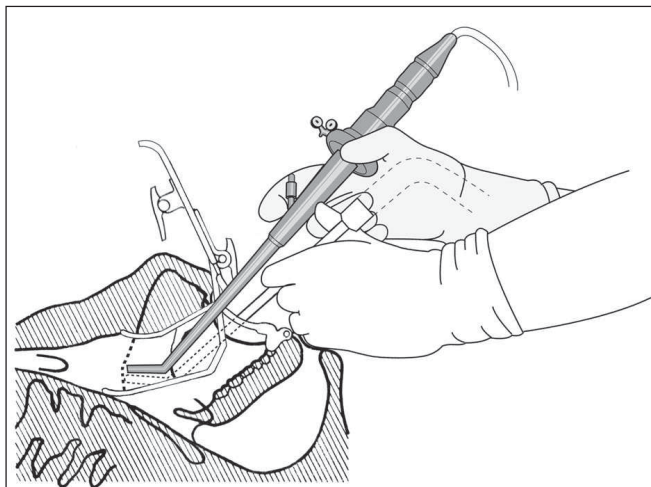


Figura 2. Aplicação do laser de CO_2 utilizando a videolaringoscopia angulada.

OBJETIVO

Apresentar um sistema óptico de convergência e liberação de raios laser a curtas distâncias da laringe humana aplicável às cirurgias endolaríngeas.

METODOLOGIA

Desenho do instrumento

Para a redução de 2ω , utilizamos um dispositivo constituído por duas hastes metálicas cilíndricas com diâmetro interno de 6,0 mm, unidas formando um ângulo de 135° com a horizontal (Figura 3). Situado na junção destas hastes, um espelho de sulfeto de selênio com alto índice de reflexão para raios luminosos de comprimento de onda do laser de CO_2 desvia a trajetória da luz. Tanto o desenho quanto a angulação utilizada na construção do protótipo foram obtidos em estudos anteriores⁹.

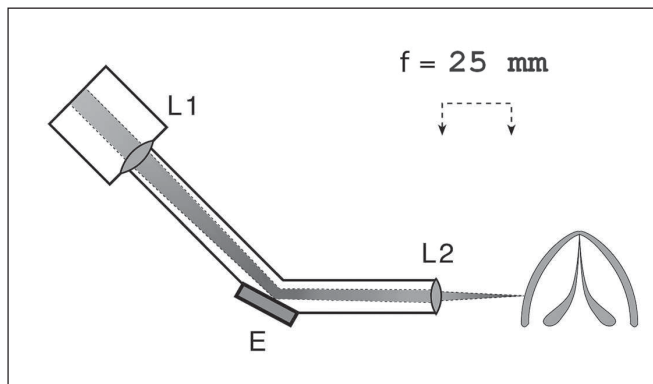


Figura 3. Convergência distal dos raios luminosos por uma lente de $f = 25\text{mm}$, liberados próximo à glote por meio do protótipo desenvolvido.

Considerando-se que a reflexão do feixe luminoso em um espelho plano não altera as propriedades do mesmo, sua modificação após a passagem por lentes pode ser estudada de forma linear (Figura 4). Assim, um feixe de simetria transversal circular e diâmetro 2ω incide sobre a superfície da lente de entrada L1 de distância focal $f1$. Ao atravessar a lente, o feixe é focalizado no plano focal (PF) de L1 produzindo-se então uma cintura de feixe $2\omega1$. Nesta posição o diâmetro do feixe é mínimo. A lente L2 é ali posicionada produzindo uma nova *Cintura de Feixe* a uma distância $f2$ denominada $2\omega2$, a qual será o nosso feixe cortante.

A cintura do feixe aqui obtida em relação ao posicionamento de L1 e L2 compreende o intervalo de 200 a 250 μm ilustrado na Figura 5 (O posicionamento relativo de L1 e L2 no interior do protótipo foi obtido por interpolação interativa das distâncias focais $f1= 25$ e $f2= 250$ mm, através do processador Origin 6.0[®]). A profundidade de foco, calculada numericamente, foi de 23mm ($\lambda \text{ CO}_2 = 10,6 \mu\text{m}$). A *profundidade de foco (PF)* do protótipo construído foi determinada através da seguinte equação: $PF= \pi\omega^2 / \lambda$.

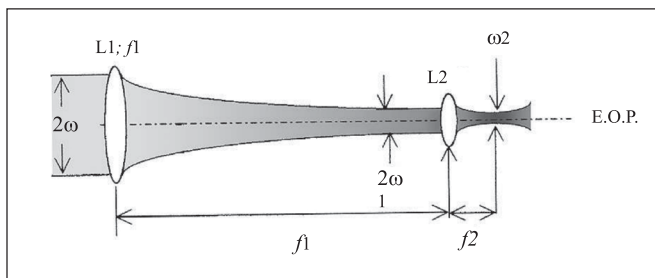


Figura 4. Produção de uma cintura de feixe $2\omega2$ pela convergência de duas lentes no interior do protótipo desenvolvido.

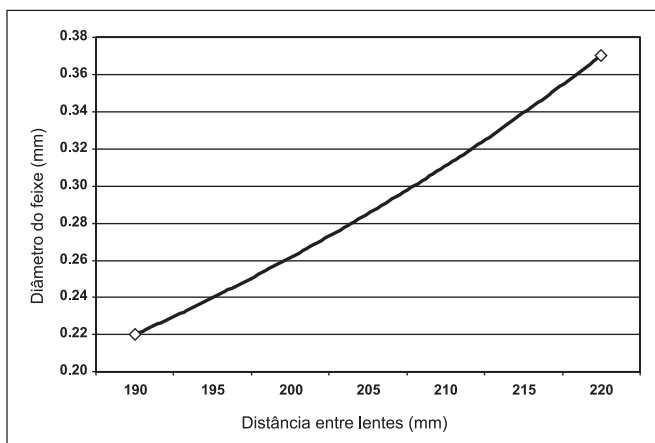


Figura 5. Gráfico ilustrando as cinturas produzidas pela convergência do feixe de laser por duas lentes de distância focal 250 mm e 25 mm situadas no interior do protótipo.

Estudos laboratoriais

Os estudos consistiram da aplicação do laser a distâncias preestabelecidas sobre espátulas de madeira, papel vegetal e proteína animal. A potência utilizada foi de 0,5 a 8,0 W e tempos de exposição variando de 0,05 a 0,2 segundos.

Técnica cirúrgica

Três pacientes portadores de pólipos de prega vocal com indicação cirúrgica de exérese foram tratados com o dispositivo acima descrito. A avaliação pré-operatória incluiu a videolaringoscopia ambulatorial com fotografia das lesões. O consentimento informado foi obtido dos pacientes e foram cumpridas as normas e critérios da comissão de ética em pesquisa para a realização deste estudo.

O protótipo foi acoplado ao braço articulado do laser e a exposição da glote dos pacientes foi realizada com a videolaringoscopia angulada sob anestesia geral. O protótipo e os instrumentos mecânicos foram introduzidos na cavidade laríngea com iluminação e captação das imagens fornecidas pelo endoscópio. Algodão umedecido em soro fisiológico foi colocado na infraglotte para a proteção da via aérea e do balão da sonda endotraqueal (Figura 6). O laser de mira foi então dirigido ao alvo e o laser de CO_2 foi acionado para a exérese da lesão. O excesso de mucosa foi retirado com o auxílio de microtesoura e fórceps tipo triângulo para tração.

A aspiração de secreções foi realizada por cânulas metálicas de 1,0 e 2,0 mm de diâmetro e a sucção contínua de vapores foi realizada por meio de um canal de 1,5 mm presente no interior do corpo metálico do endoscópio. O equipamento foi ajustado para potências entre 0,5 e 2,0 W de acordo com a profundidade da exérese e tempo de

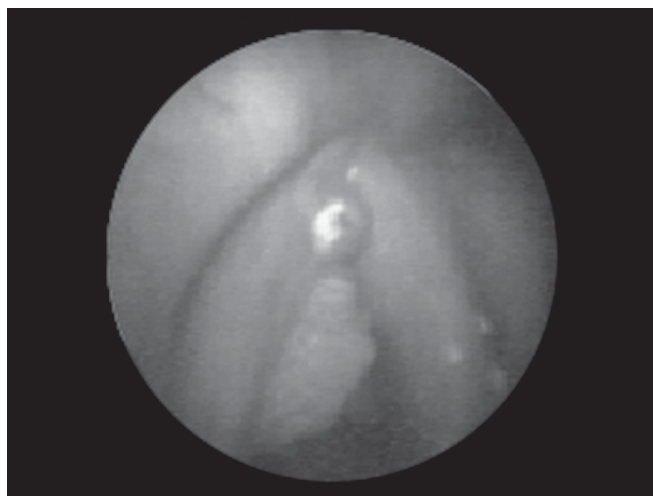


Figura 6. Aplicação do laser de CO_2 em pólipo da prega vocal; observa-se algodão embebido em soro fisiológico para proteção do balão da sonda endotraqueal.

exposição de 0,05 segundo. Foram observadas as possíveis dificuldades na exposição glótica, a qualidade da imagem fornecida pelo sistema de videolaringoscopia, a profundidade de foco do laser cortante, a aspiração de vapores, o sangramento da ferida cirúrgica e a carbonização dos tecidos adjacentes à exérese.

Após a cirurgia, os pacientes foram examinados em intervalos semanais por dois meses para a observação das alterações teciduais decorrentes do ato cirúrgico, isto é, se a cicatrização ocorreu sem retrações nos locais da aplicação do laser.

RESULTADOS

A exposição glótica foi realizada sem dificuldades e não houve lesão decorrente do procedimento. As imagens das estruturas laríngeas obtidas por meio da magnificação endoscópica foram adequadas para a aplicação do laser. A cintura do feixe permaneceu em foco para uma dissecação precisa.

A introdução e o posicionamento da ponteira laser na região glótica foi feito sem dificuldades permitindo a adequada ressecção dos pólipos. Não foi observado sangramento que dificultasse o procedimento ou formação de tecido carbonizado nas bordas da ferida cirúrgica.

No retorno dos pacientes ao ambulatório, constatou-se que as feridas cirúrgicas cicatrizaram rapidamente, não sendo observadas retrações teciduais excessivas. A melhora clínica subjetiva da voz ocorreu nas duas primeiras semanas.

DISCUSSÃO

A procura por cinturas de feixe com o menor diâmetro possível é importante para a cirurgia das pregas vocais, uma vez que quanto menor o seu tamanho menor será o dano térmico às estruturas normais adjacentes¹⁰. Utilizando o protótipo desenvolvido para a aplicação do laser de CO₂, com ajuste de potência entre 0.5 e 2.0 W, obtivemos uma cintura de feixe comparável aos diâmetros dos feixes produzidos pelos micromanipuladores de segunda geração em uso corrente.

A extremidade distal do protótipo construído e dos instrumentos de dissecação utilizados durante as cirurgias foram apoiadas no sistema de exposição glótica e no paciente, prevenindo ou mesmo atenuando movimentos trêmulos ou anormais por parte do operador. Estes movimentos surgem ou são intensificados durante a microlaringoscopia de suspensão, uma vez que o manuseio dos micro-instrumentos causa uma vibração sete vezes maior ao longo do corpo dos mesmos¹¹.

Dificuldades, complicações ou mesmo impossibilidade de se obter uma visão estável e adequada da glote à microlaringoscopia têm sido descritos na literatura

Otorrinolaringológica¹². Rischtsmeyer e Scher relataram 8% (3/36) de complicações resultantes da laringoscopia direta, dentre estes, 5% (2/36) tiveram fratura dos dentes incisivos superiores e 3% (1/36) apresentaram paralisia transitória de prega vocal¹³. Os mesmos autores um ano após relataram que para lesões situadas fora do plano frontal do observador, tais como nas paredes da hipofaringe, ventrículos laríngeos e comissura laríngea posterior, a abordagem linear, utilizando a microlaringoscopia seria extremamente difícil, tendo o telescópio importância decisiva na abordagem laríngea¹⁴. Feridas no palato e paredes da faringe, dolorosas e, infelizmente muito comuns foram também relatadas¹⁵.

Autores favoráveis ao uso do laser para o tratamento do carcinoma de pregas vocais consideram que um dos principais critérios para sua aplicação está na capacidade de expor a laringe com laringoscópios de maior lúmen possível, porém alguns pacientes apresentam anatomia desfavorável, impossibilitando o tratamento^{16,17}. O sistema aqui utilizado, por expor a laringe sem a hiperextensão cervical, seguindo o trajeto natural da via aerodigestiva superior, surge como alternativa para a aplicação de laser nos pacientes que apresentam exposição laríngea considerada difícil.

Ao comparar a microlaringoscopia utilizando o laringoscópio de Kantor-Berci¹⁸ com o laringoscópio de Dedo¹⁹, os autores não obtiveram êxito ao realizar o exame em 12,5% (3/24) dos pacientes utilizando o primeiro aparelho; sendo que a exposição laríngea foi considerada insuficiente em outros 16,6% (4/24). Utilizando o segundo tipo de laringoscópio não obtiveram sucesso em 4,2% (1/24) dos pacientes, sendo o exame considerado difícil em outro paciente²⁰. Na descrição do seu aparelho, Dedo alertou para as dificuldades da laringoscopia direta, relatando em seu trabalho a impossibilidade em 2,3% (2/85) dos pacientes. A técnica aqui descrita permitiu um exame dinâmico, sem as limitações da microlaringoscopia, podendo facilitar o tratamento de lesões localizadas na infraglotte, seio piriforme, ventrículos e outras regiões anatômicas consideradas de difícil acesso.

Potenciais complicações ou sua ocorrência, relacionadas à colisão inadvertida do feixe de laser ou sua reflexão no trajeto do sistema gerador ao órgão alvo, foram também relatadas^{21,22,23,24,25}. Tais incidentes têm menor probabilidade de ocorrer ao se utilizar a técnica aqui proposta, uma vez que o feixe cortante é liberado imediatamente sobre a lesão.

Nossa experiência com a liberação de laser próximo às pregas vocais se encontra em fase inicial; estudos histológicos bem como sua aplicação em um número maior de pacientes faz-se necessário. Porém, pela precisão na remoção dos pólipos aqui descritos, podemos inferir que a técnica é viável para o tratamento de outras afecções laríngeas.

CONCLUSÃO

Desenvolvemos um dispositivo para a aplicação de laser de CO₂ na laringe a curtas distâncias da lesão. O diâmetro do feixe aqui produzido é comparável aos utilizados atualmente, mostrando-se viável para o tratamento de pólipos de pregas vocais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Hélio Ozawa e ao Sr. Eleutério Rocha Lima pela construção dos protótipos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Strong MS, Jako GJ. Laser surgery in the larynx:early clinical experience with continuous laser. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1972;81:791-8.
2. Shapshay SM, Wallace RA, Kveton JF et al. New microspot micromanipulator for CO₂ laser applications in otolaryngology-head and neck surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1988;98:179-181.
3. Ossoff RH, Werkhaven JA, Raif J, Abraham M. Advanced microspot microslad for the CO₂. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;105:411-14.
4. Reinisch L, Ossoff RH. Laser applications in otolaryngology. *The Otolaryngol Clin North Am* 1996;29(6):891-2.
5. Van Der Speck AFL, Spargo PM, Norton ML. The physics of lasers and implications for their use during airway surgery. *Br J Anaesth* 1988;60:709-29.
6. Benninger MS. Microdissection or microspot CO₂ laser for limited vocal fold benign lesions:A prospective and randomized trial. *Laryngoscope* 2000;110:1-17.
7. Silvfast WT. *Laser fundamentals*. Cambridge University Press; 1966. p. 329-40.
8. Morgado PF, Abrahão M. Angled telescopic surgery, an approach for laryngeal diagnosis and surgery without suspension. *São Paulo Med J* 1999;117(5):224-6.
9. Morgado PF. *Microcirurgia da laringe utilizando endoscópio e pinças anguladas*. [Tese de Doutorado]. Universidade Federal de São Paulo. São Paulo-Brasil. 2000. p. 1-50.
10. Courey MS, Ossoff RH. Laser applications in adult laryngeal surgery. *The Otolaryngol Clin North Am* 1996;29(6):973-85.
11. Hurzeler D. Microsurgery of the larynx:an instrumental aid. *Arch Otolaryng* 1971;93:521-4.
12. Grundfast KM, Strong MS, Vaughn CW, De Vos P. Suspension microlaryngoscopy in the Boyce position with a new suspension Gallows. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1978;87:560-66.
13. Rischtsmeier WJ, Scher RL. Endoscopic Staple-Assisted Esophagodiverticulostomy for Zenker's Diverticulum. *Laryngoscope* 1996;106:951-6.
14. Rischtsmeier WJ, Scher RL.-Telescopic laryngeal and pharyngeal surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1997;106:995-1001.
15. Kleinsasser O. *Microlaryngoscopy and Endolaryngeal Microsurgery*. Stuttgart:Schattauer Verlag 1990. p. 5-25.
16. Shapshay SM, Hybels RL, Bohigian KR. Laser Excision in early vocal cord carcinoma:indications, limitations and precautions. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1990;99:46-50.
17. Steiner W. Experience in endoscopic laser surgery of malignant tumors of the upper aero-digestive tract. *Adv Oto-Rhino- Laryng* 1988;39:135-144.
18. Kantor E, Berci G, Partlow E, Paz-Partlow M. A completely new approach to microlaryngeal surgery. *Laryngoscope* 1991;101:676-9.
19. Dedo HH. A fiberoptic anterior commissure laryngoscope for use with the operating microscope. *Trans Am Acad Ophthalmol Otoalryngol* 1976;82(1):91-2.
20. Yanagisawa E, Horowitz JB, Yanagisawa K, Mambrino LJ. Comparison of new telescopic video microlaryngoscopic and standard microlaryngoscopic techniques. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1992;101:49-60.
21. Fried PM. A survey of the complications of laser laryngoscopy. *Arch Otolaryngol* 1984;110:31-4.
22. Alberti PW. The complications of CO₂ laser surgery in otolaryngology. *Acta Otolaryngol* 1981;91:375-81.
23. Meyers A. Complications of CO₂ laser surgery of the larynx. *Laryngoscope* 1981;90:132-4.
24. Ossoff RH, Hotaling AJ, Karlan MS, Sisson GA. The CO₂ laser in otolaryngology-head and neck surgery:a retrospective analysis of complications. *Laryngoscope* 1983;93:1287-9.
25. Ossoff RH, Duncavage JA, Shapshay SM, Krespy YP, Sisson GA. Endoscopic laser arytenoidectomy revisited. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1992;99:764-71.