

CO₂ Laser Stapedotomy

Ja-Won Koo^{1,2}, Dong Wook Kim¹, Jae Chul Yoo¹, Sung Kwang Hong¹ and Chong-Sun Kim¹

¹Department of Otorhinolaryngology, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam; and ²Sensory Organ Research Institute, Medical Research Center, Seoul National University, Seoul, Korea

CO₂ 레이저를 이용한 등골절개술

구자원^{1,2} · 김동욱¹ · 유재철¹ · 홍성광¹ · 김종선¹

서울대학교 의과대학 분당서울대학교병원 이비인후과학교실,¹ 서울대학교 의학연구원, 감각기관연구소²

Background and Objectives CO₂ laser is known to have optimal tissue characteristics for stapes surgery though it has suboptimal optical characteristics. Surgical experience of stapes surgery using CO₂ laser has not been previously reported in Korea. In this study, authors assessed the functional outcomes of stapes surgery using CO₂ laser and evaluated its merits and drawbacks.

Subjects and Method We retrospectively reviewed the medical records of 25 patients (28 ears) who underwent CO₂ laser stapedotomy between November 2003 and December 2007. The patient's mean age was 42 years (range, 15–70), with the patients consisting of 11 males and 14 females. Follow-up duration ranged from 6 to 49 months and the mean observation time was 18.2±13.2 months. Hearing improvements at the final examination were evaluated by air-bone gap closure.

Results The pre-operative mean bone conduction threshold, air conduction thresholds and mean air-bone gap were 21.0±8.8 (mean±SD) dB, 51.3±7.2 dB and 30.1±7.8 dB, respectively. After stapedotomy, the mean bone conduction and air conduction thresholds were 20.5±9.7 dB, 30.6±16.1 dB, respectively, and the mean air-bone gap was 10.1±7.1 dB at the last audiologic follow-up. The 'best results' were 18 cases (64.3%) and 'good results' were 8 cases (28.6%). The overall "successful" hearing improvement was achieved in 26 ears (92.9%). One case was classified as 'failure' and two cases developed post-operative benign paroxysmal positional vertigo.

Conclusion 92.9% of patients achieved satisfactory hearing results using CO₂ laser stapedotomy. Although the manipulation of CO₂ laser is difficult and limitation in gaining the anterior crus exposure maybe encountered due to suboptimal optical properties, these difficulties were not influential in gaining expertise of the instrument.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2009;52:560-5

Key Words Laser · Stapes surgery · Stapes fixation · Otosclerosis · Hearing.

서 론

이경화증(otosclerosis)을 포함한 등골고정증에 의한 전음성 난청의 치료에는 전통적으로 드릴(skeeter drill) 및 천공기(manual perforator)를 이용한 등골절개술(stapedotomy)이 이용되어 왔다. 그러나 드릴 및 천공기 사용시 발생하는 물리적 충격에 의한 내이 손상의 가능성을 최소화하

기 위해 1972년 Stahle, Perkins 등은 argon 레이저를 등골절개술에 처음으로 적용하였다.^{1,2)} 등골 적출 및 등골판 절개 시 레이저를 이용할 경우 등골족판에 직접적인 물리적인 힘이 가해지지 않고 열에 의해 조직이 기화(vaporization)되기 때문에 내이로의 물리적 충격을 줄일 수 있다.³⁾ 그러나 레이저는 종류에 따라 전정부의 림프액을 관통하여 직접 감각상피를 손상시킬 수도 있고, 림프액에 흡수되어 내

이에 열손상을 초래할 수 있기 때문에 등골수술에 사용되는 레이저는 광선의 광학적 특성 이외에 조직 선택적 흡수율도 함께 고려되어야 한다. 즉, 섬유조직과 외립프액과 같은 조직에 흡수되는 레이저를 사용함으로써, 등골족판을 관통하더라도 림프액에 흡수되어 감각 상피에는 열전도나 직접적인 침투가 최소화되는 레이저가 가장 이상적이라 할 수 있다.

등골수술용 레이저로는 눈으로 광선의 확인이 가능하며 광섬유 표지자를 이용할 수 있어 조작이 편리한 argon 레이저나 KTP 레이저가 널리 이용되어 왔고, 조직의 흡수면에서는 감각 상피의 손상 가능성이 상대적으로 낮은 CO₂ 레이저가 등골수술에 최근 각광받고 있다.

CO₂ 레이저는 조직의 선택적 흡수면에서는 안전하지만 적외선으로 눈에 보이지 않아 다른 표지자를 이용함으로써 발생하는 문제점 때문에 사용하기에 다소 불편하였다. 그러나 이러한 단점들이 보완되면서 1989년 Lesinski와 Palmer⁴⁾에 의해 등골수술에도 사용되기 시작하였고, 등골족판의 개창 시 다른 레이저에 비해 내이손상의 가능성이 가장 낮은 것으로 보고되며 최근 사용이 점차 증가되고 있다. 이에 반해 우리나라를 비롯한 동양에서는 이경화증의 발병률이 낮아^{5,6)} 등골수술이 흔히 행해지는 이과적 수술이 아니고, CO₂ 레이저의 치료 경험에 대해서는 보고된 바가 없다. 이에 저자들은 본원에서의 CO₂ 레이저의 사용 경험과 치료 결과를 분석함으로써 CO₂ 레이저 등골절개술의 장점과 문제점에 대해 고찰해 보고자 한다.

대상 및 방법

2003년 11월부터 2007년 12월까지 등골 고정에 의한 전음성 난청으로 CO₂ 레이저에 의한 등골절개술을 시행받고 6개월 이상 추적관찰이 가능했던 25명의 환자, 28예의 귀를 대상으로 하여 술 전 임상정보와 수술 소견, 수술 전 후의 청력 변화 양상 등을 후향적으로 분석하였다. 대상 환자들은 남자가 11명(44.0%), 여자가 14명(56.0%)이었

으며 연령은 15세부터 70세(평균 42세)였다. 추적 기간은 6개월에서 49개월로 평균 18.2±13.2(평균±표준편차)개월이었다.

수술 전후의 청력 변화는 2005년 대한이과학회 가이드라인에 따라 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz 네 주파수를 이용하여 계산하였다. 술 후 6개월 이후의 기도청력역치에서 술전 골도청력역치를 뺀 기도골도차 감소(air-bone gap closure)가 20 dB 이내인 경우를 ‘good results’, 10 dB 이내로 감소한 경우를 ‘best results’로 정의하였다. 기도골도차 감소가 30 dB 이내인 경우는 ‘no improvement’, 그 이상인 경우는 ‘poor results’로 정하여 수술 전후의 청력 변화 정도를 기술하였다.⁷⁾

수술 방법과 CO₂ 레이저의 사용

수술은 1예를 제외하고는 모두 국소마취 또는 MAC(monitored anesthesia care)을 통한 각성 상태를 유지하면서 경외이도 접근법으로(transcanal approach) 수술을 진행하였다.⁸⁾ 실제 레이저 빔이 보이지 않는 CO₂ 레이저(Lumenis® 30 C, Lumenis, Yokneam, Israel)는 눈에 보이는 HeNe pilot 빔을 표지자로 이용하여 수술현미경(OPMI® S88 or OPMI® Neuro/NC4 System, Zeiss, Hombrechtkon, Switzerland)에 부착하여 사용하였다.⁹⁾ CO₂ 레이저는 레이저 adaptor(Acublade® Lumenis, Yokneam, Israel)를 이용하여 현미경에 연결하게 되어 있으며 미세조작자(micromanipulator)를 이용하여 adaptor에 연결된 거울의 굴절정도를 조절함으로써 레이저 빔을 목표물에 조준할 수 있다(Fig. 1A). 이내절개와 고막외이도 피판 거상 후 고삭신경을 찾아 전방으로 젓혀 놓고 등골 curette으로 골륜부 후상방을 넓혀 등골, 등골근, 난원창을 노출시켰다. 추골, 침골, 등골을 각각 미세기구로 움직여 가동성(mobility)을 확인하여 고정 부위를 확인하였다. 등골고정 여부가 확인되면 Joint knife로 침골-등골 관절을 분리하고 CO₂ 레이저 빔을 6 W(24,000 W/cm²), single pulse, cut mode, 0.05 sec, spot size 0.3 mm로 설정하여 등골근,

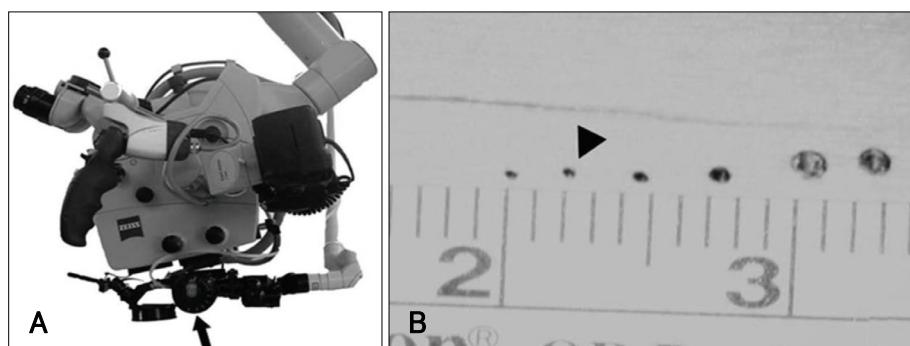


Fig. 1. Instrument setting for CO₂ laser stapedotomy. CO₂ laser device is coupled with operating microscope by appropriate adapter (A). The laser spot can be focused and defocused (B) by manipulating laterally attached controller (arrow). The spot size is minimized to 0.3 mm (arrowhead).

등골후각, 등골전각을 차례로 절단하였다(Figs. 1B and 2). 등골 개창 후 지체없이 Teflon™ platinum piston wire prosthesis(Xomed-Treace, Jacksonville, FL, USA)를 삽입할 수 있도록 준비하기 위하여 Malleable caliper로 등골족판에서 침골장각 내측까지의 거리를 측정하여 Teflon™ platinum piston wire prosthesis(직경 0.4 mm, 길이 7 mm)를 재단하였다. 이때 내이 전정으로의 piston wire prosthesis가 돌출되는 정도를 고려하여 측정된 길이보다 0.6 mm를 더 길게 재단하였다. 삽입물의 준비를 마친 후, 3~6 W(24,000 W/cm²)의 4~8차례(single pulse, 0.05 sec) CO₂ 레이저 빔으로 등골창을 만들었다. 등골개창술을 위한 CO₂ 레이저의 설정은 Table 1에 정리하였다. Piston wire

prosthesis를 침골장각 외측으로 가까이 가져가며 등골창에 삽입하고 prosthesis의 고리 부분은 crimper 등을 이용하여 침골장각에 고정시킨 후 고막외이도 피판을 덮고 청력의 호전 정도와 어지럼증의 여부 등을 확인하였다. 다시 피판을 들어 등골창 주위를 연조직과 fibrin glue로 밀봉한 후 고막외이도 피판을 제자리에 위치시키고 외이도를 패킹하였다.

등골전각이 침골에 가려져 CO₂ 레이저만으로 등골 전각을 절단할 수 없는 경우에는 부분적으로 보이는 등골 전각에 CO₂ 레이저 빔을 사용한 후 3 mm right angle pick으로 전각을 골절시켜 제거하였다.⁹⁾

결 과

진 단

병력 청취, 청력검사를 포함한 이학적 검진 및 측두골 전신화단층촬영을 통해 양측 이경화증 17명, 일측성 이경화증은 5명으로 총 22명(25예의 귀)에서 이경화증을 의심하였고 선천성 이소골 고정증 2예, 고실 경화증 1예로 술전 진단하였다. 병력 청취상 이경화증을 의심한 25예 중 20예에서는 난청의 진행이 15세 이후에 시작되었으나 5예에서는 15세 이전부터 난청이 있었고 점차 진행된다고 표현하였다. 전신화단층촬영에서는 이경화증을 의심할 만한 병소는 25귀 중 14예(64%)에서 관찰되었고 이중 fissula ante fenestram에만 방사선 투과성(radiolucent)의 병변이 있는 경우는 9예로 36%였으며 fissula ante fenestram 이외의 otic capsule에도 병변이 관찰된 경우는 5예였다. 그러나 이경화증을 의심한 25귀 중 3귀에서는 전신화단층촬영과 수술 소견에서 이경화증을 의심할 만한 병소가 관찰되지 않았다. 선천성 이소골 고정증과 고실 경화증은 술전 진단과 일치하였다.

수술 전후 청력 변화

술 전 순음청력검사에서 기도청력역치는 평균 51.3 ± 7.2 dB이었고 골도청력역치는 평균 21.0 ± 8.8 dB이었으며,

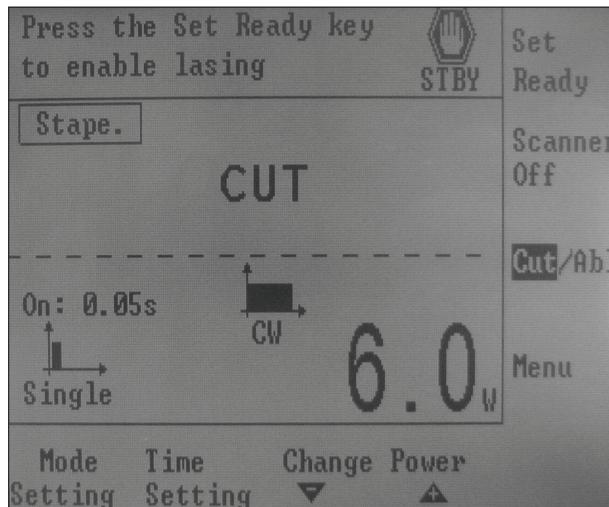


Fig. 2. Example of laser setting for laser stapedotomy. Display panel shows programmed stapes mode set as 'cut' using 6 watts single pulse continuous wave (duration 0.05 sec).

Table 1. CO₂ laser setting in stapes surgery

	Tendon	Ant. and post. Crus	Foot plate
Pulse number	2-3 times	8-14 times	4-8 times
Power	6 W	6 W	3-6 W
Power density	24,000 W/cm ²	24,000 W/cm ²	12,000-24,000 W/cm ²
Pulse duration	0.05 sec	0.05 sec	0.05 sec

W: watt, Ant.: anterior, Post.: posterior

Table 2. Pure-tone thresholds before and after CO₂ laser stapedotomy

Frequency (kHz)	Preoperative			Postoperative		
	AC (dB)	BC (dB)	ABG (dB)	AC (dB)	BC (dB)	ABG (dB)
0.5	57.1	12.9	44.3	30.2	14.8	15.4
1	55.2	20.5	34.6	30.7	20.0	10.7
2	49.6	29.8	19.8	32.8	27.5	5.3
3	43.2	21.4	21.8	30.0	19.5	10.5
Mean (SD)	51.3 (7.2)	21.0 (8.8)	30.1 (7.8)	30.6 (16.1)	20.5 (9.7)	10.1 (7.1)

AC: air conduction threshold, BC: bone conduction, ABG: air-bone gap, SD: standard deviation

술 전 기도청력과 골도청력의 차이(air–bone gap)는 평균 30.1 ± 7.8 dB이었다. 술 후 마지막 측정된 순음청력검사 결과에서는 기도청력역치는 평균 30.6 ± 16.1 dB, 골도청력역치는 평균 20.5 ± 9.7 dB로 측정되었으며, 술 후 기도청력과 골도청력의 차이는 평균 10.1 ± 7.1 dB이었다 (Table 2, Fig. 3). 기도골도차 감소 정도가 10 dB 이내로 ‘best result’를 보이는 경우는 전체 28예 중 18예(64.3%)였고 11 dB에서 20 dB 사이의 ‘good result’ 8예(28.6%)

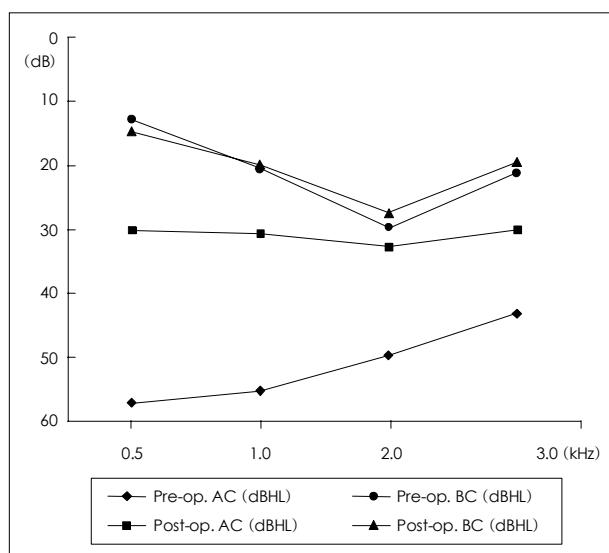


Fig. 3. Pure tone thresholds before and after CO₂ laser stapedotomy are plotted. AC: air conduction threshold, BC: bone conduction.

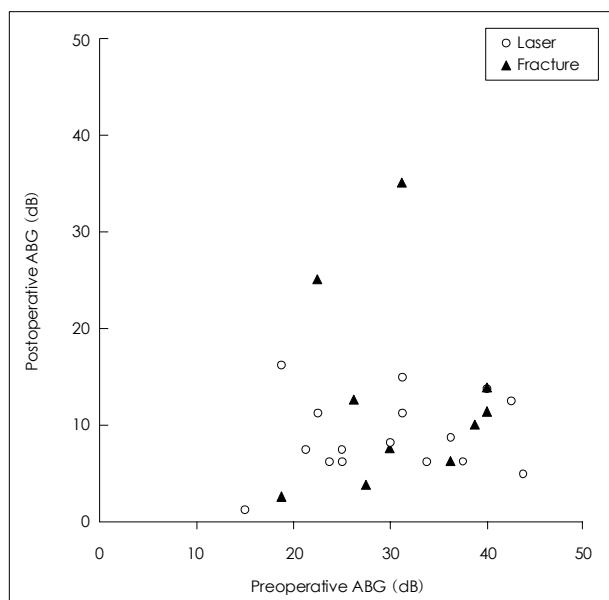


Fig. 4. Preoperative air–bone Gap (ABG) and postoperative ABG are plotted in scatter plots. Circle (○) means the laser group and triangle (▲), the fracture group. Laser group: anterior crus was removed with a laser vaporization, Fracture group: anterior crus was removed by fracture with a hook.

를 보여 총 28예 중 26예(92.9%)에서 ‘성공적’인 결과를 얻을 수 있었다(Fig. 4).

등골전각 절단 방법에 따른 청력 결과

등골전각이 노출되어 CO₂ 레이저로 절단이 가능했던 18 예에서는 ‘best result’가 13예(72.2%), ‘good result’는 5예(27.7%)였고, 등골전각이 침골에 가려 CO₂ 레이저를 사용하지 못하고 등골전각을 골절시킨 10예에서는 ‘best result’가 6예(60.0%), ‘good result’가 2예(20.0%)였으며, ‘no response’도 1예(10.0%)가 있었다. 술 후 평균 골도청력역치가 술 전에 비해 10 dB 상승하였고 술 후 기도골도차 감소 정도도 30 dB 이상으로 증가하여 수술 ‘실패’ 군에 속한 1예가 포함되어 있었다(Fig. 5). CO₂ 레이저로 등골전각을 절단시킨 군과 골절 시킨 두 군의 평균 기도골도차 감소는 각각 6.8 ± 4.4 dB, 13.6 ± 10.8 dB이었으나 두 군 간의 차이가 통계적인 유의성에 미치지는 못하였다(student t-test, $p=0.074$). 두 군의 ‘best result’는 각각 72.2%, 60%였으며 이 또한 두 군 간에 차이가 없었다(Chi-square test, $p=.240$).

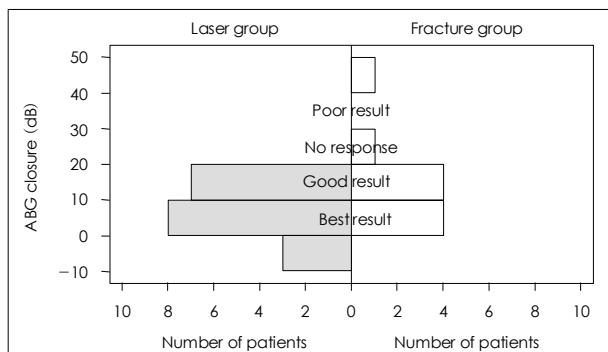


Fig. 5. Comparison of ABG (air–bone gap) closure between groups. Laser group seems to show superior result, which could not reach statistical significance ($p>0.05$). Laser group: anterior crus was removed with a laser vaporization, Fracture group: anterior crus was removed by fracture with a hook.

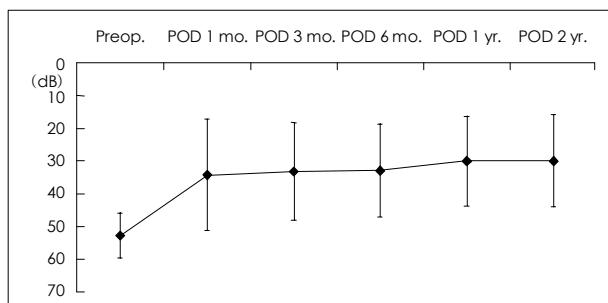


Fig. 6. Postoperative air conduction threshold change over time (n=16). There were no statistical significant differences between time periods after surgery. POD: postoperative day.

고 칠

추적 기간에 따른 청력 변화

28명의 환자 중 16명의 환자에서 술 후 1년 이상의 청력 결과를 얻을 수 있었다(Fig. 6). 술 전 기도 청력은 52.9 ± 6.8 dB이었고 술 후 1개월 기도청력은 평균 34.3 ± 17.0 dB이었다. 술 후 3개월, 6개월, 12개월 및 2년 이상 마지막 기도청력은 각각 33.2 ± 15.1 dB, 32.8 ± 14.2 dB, 30.1 ± 13.7 dB, 29.8 ± 11.9 dB이었다. 시간 경과에 따른 기도 청력의 변화는 유의하지 않았다.

술 후 합병증

술 후 골도청력의 악화가 1예 있었으며 동측의 수평반고리관 양성발작성체위성현훈이 2예 발생하였다. 술 후 이 명이 3예에서 관찰되었으나 지속된 경우는 없었다.

외립프 유출이나 안면신경마비는 없었으며 회복성 육아종(reparative granuloma)이나 전농(anacusis)의 예도 없었다.

술 후 청력개선을 얻지 못한 2예

2예(7%)에서 술 후 청력개선에 실패하였는데 이들은 침골장각에 등골전각이 가리어 등골전각을 골절시킨 경우에서였다. 술 후 기도골도차 감소 정도가 27.5 dB로 'no response' 를 보인 1예에서는 등골전각을 골절시켜 제거 후 등골절개창을 만들고 4.5 mm 길이의 piston wire prosthesis를 삽입하고 술 중 주관적인 청력의 회복을 확인하였으나 수술 3개월 후 청력의 개선은 뚜렷하지 않았다. 측두골 전산화단층촬영에서 piston의 이탈 소견은 보이지 않았으나 전정 내로의 piston wire prosthesis의 삽입이 충분치 않음을 그 이유로 추정하고 있다. 두 번째 환자는 술 후 골도청력역치가 평균 23.8 dB에서 35 dB로 상승하고 술 후 기도골도차 감소가 46.3 dB로 증가하였는데 이 환자에서는 등골족판 전연의 이경화 부위를 확인 후 특별한 술 중 문제없이 등골전각을 골절시켰고 등골절개창을 만든 후 4.5 mm 길이의 piston wire prosthesis를 삽입하여 술 중 주관적인 청력의 회복을 확인하였으나 수술 당일 병실에서 구토를 동반한 회전성 현훈을 호소하여 청력검사와 안진검사를 시행하였다. 청력검사에서 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz의 골도청력역치가 술 전에 비해 10 dB, 25 dB, 30 dB 상승하였으며 수평반고리관형 양성발작성두위현훈이 관찰되어 부신피질호르몬 치료를 시작하고 바베큐법으로 이석치환술을 시행하였다. 술 후 시행한 측두골 전산화단층촬영에서 piston wire prosthesis의 위치에 이상소견은 관찰되지 않았고 골도청력은 49개월 추적관찰 기간 동안 변화가 없었다.

KTP 및 argon 레이저는 눈에 보이는 광선이며 쉽게 다룰 수 있도록 광섬유를 이용하여 근접 미세수술이 가능하기 때문에 정교한 등골수술에 적합하다.¹⁰⁻¹⁷⁾ 그러나 단파(short wavelength)인 argon 및 KTP 레이저는 특성상 골조직에 흡수분률이 낮아 등골 조직을 절제 또는 절개시키기 위해서는 높은 에너지가 필요하게 되며 발생된 에너지는 주변의 혈관과 신경상피세포 등에 영향을 줄 수 있다.¹⁸⁻²³⁾ Argon 또는 KTP 레이저 사용으로 인해 표적 조직이 40°C 이상으로 상승 시 세포 내 미세기관 등이 비가역적 손상을 입게 되므로 실제 argon 또는 KTP 레이저는 등골절개술시 1 watt의 낮은 에너지를 사용하게 된다.¹¹⁾

한편 CO₂ 레이저는 적외선 레이저로 눈에 보이지 않아 HeNe pilot 표지자 빔을 이용해야 하며 현미경에 부착하는 특수한 adaptor와 거울을 이용해 조절을 해야 하므로 시야 확보에 큰 어려움이 없는 성대수술 같은 두경부 영역의 원거리 수술에는 적합하나 주변구조물에 의해 쉽게 수술시야가 가려질 수 있는 등골수술 같은 미세수술에는 적합하지 않을 수 있고 사용이 어려워 수술시간이 길어질 수 있는 점이 단점으로 지적되어 왔다.^{6,11)} 저자들의 경험상 수술시간이 길어지는 이유는 술자가 CO₂ 레이저의 사용에 익숙하지 않은 경우 현미경의 초점과 레이저 빔의 초점을 일치시키는 작업과 미세조작자(micromanipulator)의 조작요령이 서툰데 기인하는 것인 것 만큼 사전에 CO₂ 레이저 조작법을 습득한다면 고전적인 다른 방법과 비교하였을 때 수술시간에는 큰 차이가 없다고 생각되었다. 특히 CO₂ 레이저는 KTP, argon 레이저와 달리 기화와 함께 절개되는 등골 조직에 거의 모든 에너지가 흡수되고 등골족판의 개창 후 외립프조직에 흡수되어 감각 상피가 있는 막상 미로로의 에너지 전도가 적어 실제 수술 시 KTP, argon 레이저에 비해 높은 강도의 에너지 사용이 가능하여 효과적인 절개가 가능하다. 동물실험에서도 CO₂ 레이저 사용에 의한 외립프액과 등골족판의 온도상승은 0.3°C 미만이었고 외립프액의 가열 현상은 없다고 보고된 바 있어 사용상의 어려움만 극복된다면 광학물리학적으로 CO₂ 레이저가 KTP, argon 레이저에 비해 우월한 안정성을 보인다.^{5,11)}

CO₂ 레이저의 단점으로는 등골전각의 노출이 어려운 경우에는 고전적인 방법으로 등골전각을 절단해야 한다는 것인데 대부분 등골전각부가 굳어 고정되어 있으므로 등골후각을 절단한 상태에서 전각을 골절시켜 절단하는 데에는 큰 문제가 없었다. 다만 청력개선을 이루지 못한 두 환자 모두 등골전각을 골절시킨 경우였는데 등골족판의 아탈구

나 탈구없이 piston 삽입 후 수술 중 청력개선이 있었기 때문에 충격보다는 회복과정에서의 piston wire prosthesis가 이동하였기 때문으로 생각되고, 또 다른 한 예에서는 양성발작성두위현증의 동반된 점으로 미루어 보아 피스톤에 의한 막성미로의 자극이 내이 손상을 유발할 수 있었을 것으로 추정하고 있다.

그 외의 불편한 점으로는 레이저의 본체와 현미경은 세 개의 관절로 이루어진 팔(arm)로 연결되어 가동성을 가지고 있는데 때에 따라 현미경의 움직임에 제한을 주는 경우가 있어 수술 중 장비 위치를 조절해야 하는 경우도 있었다.

이경화증수술에서 사용되는 레이저의 설정은 대부분의 저자들이 본 연구에서처럼 single pulse의 continuous mode로 할 것을 추천하고 있으며 이는 super pulse mode와 비교하였을 때 내이손상의 확률을 현저히 줄여주기 때문이다.¹²⁾

지금까지 발표된 대부분의 연구들은 1995년 AAO-HNS Guideline of Committee on Hearing and Equilibrium에 따라 술 후 청력회복 결과에 대하여 보고하고 있으나 ‘성공적’인 등골절개술에 대한 기준은 다양하게 정의되고 있다.

일반적으로 술 후 기도골도차 감소 정도가 10 dB 이내로 좁혀진 경우를 ‘성공적’인 결과로 정의하고 있으며 이 정의에 의한 수술 성공률은 90~95% 정도로 보고되고 있다.¹⁰⁾ 이를 기준으로 한다면 본 술식에 의한 수술 성공률 63.0%는 낮은 수술 성공률처럼 보이나, ‘성공적’ 등골절개술의 기준을 술 후 기도골도차 감소 정도를 15 dB 이내로 정의하여 96~97%의 성공률을 보고했던 Emmanuel 등¹¹⁾의 결과와는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 CO₂ 레이저 외의 다른 술식을 통한 등골절개술의 결과를 발표한 국내의 연구와 동일하게 ‘성공적’ 등골절개술을 술 후 기도골도차 감소 정도를 20 dB로 정의할 경우 전체적 수술 성공률은 92.9%로 큰 차이를 보이지 않았다.^{12,13)}

많은 저자들이 레이저에 의한 이경화증 수술이 다른 고전적인 방법보다 술 후 청력개선에 효과적이며 심각한 감각신경성난청의 확률을 줄인다고 보고하였다. 3,050예의 이경화증 수술 결과를 분석한 Vincent 등²⁴⁾이 연령이나 수술 방식에 따라 0.5~4.8%의 술 후 감각신경성 난청 발생률을 보고한 바 있고 이와 비교하였을 때 본 술식에서 발생했던 1예(3.7%)의 감각신경성 난청의 발생은 제한된 증례수를 고려할 때 비견할 만한 수준으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Hillel AD. History of stapedectomy. Am J Otolaryngol 1983;4(2):131-40.
- 2) Pedersen CB, Elbrond O. Large versus small fenestration technique in stapedectomy: a comparative investigation of house and fisch prostheses in stapedectomy. Clin Otolaryngol Allied Sci 1983;8(1):21-4.
- 3) Shea JJ. Stapedectomy-longterm report. Ann Otol Rhinol Laryngol 1982;91(5 pt 1):516-20.
- 4) Lesinski SG, Palmer A. CO₂ laser for otosclerosis: safe energy parameters. Laryngoscope 1989;99(6 pt 2 suppl 46):9-12.
- 5) Kim CS, Chang SO, Oh SH, Park JB, Ahn SH, Hwang CH, et al. Pathologic findings of otosclerosis in korea. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg 2002;45(6):557-60.
- 6) Park MH, Oh SH, Kim CS, Chang SO. Hearing changes after stapes surgery in otosclerosis. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2008;51(10):872-7.
- 7) Kim HJ. Classification and hearing result reporting guideline in chronic otitis media surgery. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg 2006;49(1):2-6.
- 8) Fisch U. Special applications of stapes surgery. In: John SM, Thomas L. editors. Tympanoplasty, mastoidectomy, and stapes surgery. 2nd edition. New York: Thieme medical publishers;2007. p.222-53.
- 9) Sergiye J, Uwe S, Hans S. New developments in CO₂ laser stapedotomy. Med Laser Appl 2002;17:202-13.
- 10) Shea JJ Jr. Forty years of stapes surgery. Am J Otol 1998;19(1):52-5.
- 11) Lescanne E, Moriniere S, Gohler C, Manceau A, Beutter P, Robier A. Retrospective case study of carbon dioxide laser stapedotomy with lens-based and mirror-based micromanipulators. J Laryngol Otol 2003;117(4):256-60.
- 12) Jovanovic S, Anft D, Schönfield U, Berghaus A, Scherer H. Influence of CO₂ laser application to the guinea-pig cochlea on compound action potentials. Am J Otol 1999;20(2):166-73.
- 13) Song HM, Lee KS. Surgical outcome of revision stapedotomy. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg 2007;50(4):296-9.
- 14) Song HM, Choi SJ, Lee KS. Hearing results after stapedotomy fixation. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg 2007;50(1):14-8.
- 15) Motta G, Moscillo L. Functional results in stapedotomy with and in stapes without CO₂ laser. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec 2002;64(5):307-10.
- 16) Bartels LJ. KTP laser stapedotomy: is it safe? Otolaryngol Head Neck Surg 1990;103(5 pt 1):685-92.
- 17) Causse JB, Gherini S, Horn KL. Surgical treatment of stapes fixation by fiberoptic argon laser stapedotomy with reconstruction of the annular ligament. Otolaryngol Clin North Am 1993;26(3):395-416.
- 18) Gherini S, Horn KL, Bowman CA, Grifin G. Small fenestra stapedotomy using a fiberoptic hand-held argon laser in obliterative otosclerosis. Laryngoscope 1990;100(12):1276-82.
- 19) Gherini S, Horn KL, Causse JB, McArthur GR. Fibreoptic argon laser stapedotomy: is it safe? Am J Otol 1993;14(3):283-9.
- 20) Hodgson RS, Wilson DF. Argon laser stapedotomy. Laryngoscope 1991;101:230-3.
- 21) Rauch SD, Bartley ML. Argon laser stapedectomy: comparison to traditional fenestration techniques. Am J Otol 1992;13(6):556-60.
- 22) Silverstein H, Rosenberg S, Jones R. Small fenestra stapedotomies with and without KTP laser: a comparison. Laryngoscope 1989;99(5):485-8.
- 23) Molony TB. CO₂ laser stapedotomy. J La State Med Soc 1993;145(9):405-8.
- 24) Vincent R, Sperling NM, Oates J, Jindal M. Surgical Findings and long term results in 3050 stapedotomies for primary otosclerosis: a prospective study with the otology-neurotology database. Otol Neurotol 2006;27(8 suppl 2):S25-47.