

## 외래에서 시행되는 585 nm 펄스다이레이저 후두수술

예송이비인후과 음성센터  
김 형 태

= Abstract =

### Office-Based 585 nm Pulsed Dye Laser(PDL) Laryngeal Surgery

Hyung-Tae Kim, MD

Yeson Voice Center, Seoul, Korea

**Introduction :** 585 nm Pulsed dye laser (PDL) laryngeal surgery is based on the photodynamic characteristics of selective photothermolysis and photoangiolytic and recently considered to be the treatment for a variety of benign laryngeal disease. **Objective :** To review the indications and outcome of office-based 585nm PDL surgery and summarize new developments. **Method :** Retrospective study involving 402 patients was performed. The PDL surgery could be applied to various laryngeal diseases such as laryngeal papilloma, vocal fold dysplasia, laryngeal granuloma, vocal polyp, capillarectasia, scarred vocal fold and sulcus vocalis. **Results :** The physiologic properties of the vascular specificity of PDL provide many advantages and appear to be effective for laryngeal treatment. The PDL resulted in precise, selective coagulation of the microvasculature without damage to the surrounding tissue. Therefore PDL surgery is safe and effective for office-based treatment of benign laryngeal disease and for all patients regardless of their overall medical condition. **Conclusion :** PDL surgery provides potential benefits and advantage for treating common benign laryngeal disease.

**KEY WORDS :** Pulsed dye laser · Laryngeal surgery · Benign laryngeal disease.

## 배 경

이비인후과 영역에서 특히 성대질환과 관련된 치료에서 레이저의 도입은 1960대에 처음 시작되었다. 1972년에 최초로 CO<sub>2</sub> 레이저가 후두질환의 수술에 도입된 후 레이저의 후두질환에 대한 치료방법이 정립되었으며, CO<sub>2</sub> 레이저가 갖는 다양한 장점들인 외과적으로 정확하게 병변을 제거할 수 있는 특성과 미세한 조절이 가능하고 지혈에 도움이 되며, 수술시야를 충분히 확보하여 수술적 효용성을 높일 수 있는 특성으로 인하여 다양한 후두질환에서 많이 이용되어왔다.<sup>1,2)</sup>

일반적으로 현재 이비인후과 영역에서 외과적인 수술을 위해 사용되는 레이저는 7가지의 유형이 있으며, 이들은 각각의 레이저 파장에 따른 광역학적 특성에 의해서 구분된다(Fig. 1).<sup>3)</sup>

가장 낮은 파장을 갖는 레이저는 아르곤레이저(Argon laser)로 488 nm의 파장을 갖고 다음으로 KTP(Potassium-titanyl-phosphate) 레이저는 532 nm 파장을 갖는다. 다이 레이저(dye laser)에는 2가지 종류가 있으며, 다이오드레이저(diode laser)와 펄스다이레이저(pulsed dye laser, PDL)가 있다. 이들 레이저의 파장길이는 580~640 nm의 범위의 파장을 갖고 있다. Nd-YAG(neodymium : yttrium-aluminum-garnet) 레이저는 1,064 nm의 파장과 Er : YAG(erbium : yttrium-aluminum-garnet) 레이저는 2,940 nm 그리고 이비인후과영역에서 가장 많이 사용되는 CO<sub>2</sub> 레이저는 10,600 nm의 긴 파장을 갖고 있다. 이러한 레이저의 파장의 차이로 인하여, 레이저 빔이 흡수되어 광역학적 효과를 나타낼 수 있는 조직학적 부위가 다르게 되며, 조직학적 영향이 다르게 나타나게 된다. 물은 최대 흡수파장(absorption peak)이 10,000 nm 이상이므로 CO<sub>2</sub> 레이저의 경우 조직 속에 포함된 물에서 에너지가 흡수가 되어 조직내 세포의 물이 기화하여 터지면서 세포를 증발시키는 효과를 나타낸다. 다이오드레이저중 최근에 사용되는 펄스다이레이저는 585 nm의 파장을 갖고 있다. 이는 산화헤모글로빈의 최대흡수

논문접수일 : 2009년 5월 19일  
책임저자 : 김형태, 135-896 서울 강남구 신사동 638-13  
예송이비인후과 음성센터  
전화 : (02) 3444-0550 · 전송 : (02) 3443-2621  
E-mail : htkim@yesonvc.com

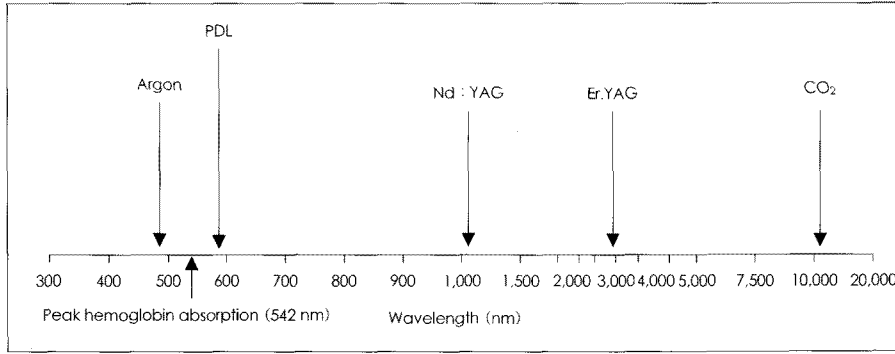


Fig. 1. Wavelengths of different lasers (from Bouzari N. Laser treatment of keloids and hypertrophic scars. Dermatol Surg 2007, 46: 80-88).

Table 1. The comparison of photodynamic characteristics between pulsed dye laser, CO<sub>2</sub> laser and phonomicrosurgery

	PDL	CO <sub>2</sub> laser	Microlaryngeal surgery
Effect	Photocoagulation	Vaporization	Excision
Target point	Hemoglobin	Water	Mucosa
Plume	No	Yes	No
Surrounding tissue damage	No	Yes	No
Heat effect	Minimal	Localized	No
Scarring	No	Yes	5-10%
Technical difficulty	Mod	Low	High
Bleeding	Mild	Mild	Severe

파장인 542 nm에 매우 근접한 파장을 갖으므로 다른 레이저에 비하여 매우 선택적으로 산화헤모글로빈에만 에너지가 흡수되어 파괴 및 응고되면서 혈관특이성 반응으로 혈관성질환에 매우 유용하게 사용될 수 있다. 이러한 PDL의 광역학적 특성으로 처음에는 피부과영역에서 혈관성 피부질환 치료에 이용되었다(Table 1).<sup>3-5)</sup>

### 펄스다이레이저(PDL)의 특성

PDL은 585 nm의 파장을 갖는 다이레이저로서 산화헤모글로빈을 발색단(chromophore)로 하여 혈관에 대한 선택성광열용해(selective thermolysis)효과를 나타낸다. 피부과적 질환에서는 이미 혈관에 대한 PDL의 선택성광열용해효과가 매우 뛰어나다는 보고가 많이 이루어졌다.<sup>5,6)</sup> 이러한 PDL의 특성은 Anderson에 의해 처음 선택성광열용해라는 기본개념이 도입되면서<sup>4)</sup> 발전하게 되어 다양한 혈관성질환에 응용되었으며, 최근에는 성대질환에 대한 PDL의 임상적인 응용이 많은 관심을 보이고 있다.<sup>7-9)</sup>

성대질환에서 레이저를 이용하여 선택성광열용해 효과를 얻기 위해서는 다음의 3가지 기본조건이 필요하다. 첫째, 파장이 목표로 하는 조직에 우선적으로 흡수되어야 한다. 둘째, 노출시간(exposure duration)이 적어도 목표로 하는 조직

의 열이완시간(thermal relaxation time) 보다 적거나 같아야 한다. 셋째, 광에너지밀도(flucose : 단위면적범위당 전달되는 에너지)가 목표로 하는 조직에 손상을 유발할 수 있게 충분하여야 한다.<sup>4,5)</sup> 3가지 기본조건을 충분히 만족시킬 수 있는 레이저로 PDL이 충분조건을 갖고 있다. PDL은 개발당시 577 nm 파장과 펄스간격이 0.3 ms으로 매우 짧았으나, 1980년대 후반 혈관에 대한 선택성광열용해 효과를 유지하면서도 더 깊은 상피 투과성을 얻기 위하여 파장을 585 nm로 높이고 펄스간격을 0.45 ms로 높여 변경되었다.<sup>10,11)</sup> 현재 후두에 사용될 수 있도록 만들어진 PDL제품의 경우 585 nm의 파장과 450 μs 펄스간격을 갖으며, 2 Hz의 반복율, 광에너지밀도는 38~255 J/cm<sup>2</sup>이 가장 흔하게 사용되고 있다.

### 펄스다이레이저(PDL)의 광역학적 효과

PDL은 585 nm의 파장으로 산화헤모글로빈에 대한 높은 에너지 흡수율을 나타내게 되어, 헤모글로빈에 대한 선택성광열용해 효과로서 혈관내 응고와 상피하 미세혈관조직에 대한 광응고 효과를 나타내게 된다. 이러한 PDL의 물리적 특성은 성대내 상피와 고유층에 대한 손상을 최소화하면서 반흔조직의 형성을 억제하는 효과를 나타내게 된다.

일반적으로 성대조직에서 PDL의 광역학적 효과는 크게 3가지가 있다. 광열(photothermal)효과, 광청(photoacoustic)효과, 광화학(photochemical)효과이다. 광열효과는 PDL의 광에너지가 산화헤모글로빈에 흡수되어 열로 변환되면서 단백질의 비가역적응고와 변성을 만들게 된다. 광청효과는 광에너지가 흡수되어 고압의 충격파가 세포내 생성하게 되고 이를 통해 모세혈관의 파열과 연결된 세포를 변성시키거나 박리시키는 작용을 한다.<sup>11,12)</sup> 또한 광화학효과로서 세포간 연결단백질의 변성과 싸이토카인의 조직내 분비를 조절하여 교원질 분해작용에 관여하게 된다.<sup>10-12)</sup>

PDL의 광역학적 특성이 성대의 초미세구조(ultrastructure)에 미치는 영향을 살펴보면, 성대구조는 점막상피세포와 고유층의 침층(the superficial layer of lamina propria)

이 기저막영역(basement membrane zone)을 통하여 서로 단단히 연결되어 있으며, 성대점막 파동에 따른 상피세포의 탈락을 방지하고 점막의 비틀림힘에 대한 저항력을 갖게 한다.<sup>13)</sup> 성대기저막영역은 단백질과 세포외기질로 구성되며, 주로 제4형교원질로 구성되어있고, 상피의 기저세포(basal cell)와 기저막(basement membrane)은 반교소체(hemidesmosome)에 의해서 강하게 연결되어 있다. 기저막과 고유층 침층은 제7형교원질로 구성된 고정원섬유(anchroing fiber)로 연결되어있고, 기저막과 고정원섬유영역을 포함하여 기저막영역이라 한다. 일반적으로 성대점막파동에 관여하는 가장 중요한 부분은 “cover”를 형성하는 기저막영역과 고유층 침층이며 이 두 영역에서 대부분 양성성대질환이 발생하게 된다.<sup>13-15)</sup>

PDL은 성대의 초미세구조 중 혈관이 분포되어 있는 영역에 그 효과를 나타내게 되며, 크게 성대의 초미세구조 중 두 영역에 광역학적 효과를 나타낼 수 있다. 하나는 성대기저막에 위치한 미세혈관층이며, 다른 한곳은 고유층의 침층에 위치한 미세혈관층이다(Fig. 2). 성대기저막에 대한 미세혈관층을 목표로 하여 PDL이 조사되면, 기저막아래의 미세혈관층이 혈액응고와 혈관이 파괴되면서, 상피의 기저세포와 고유층과의 분리면을 형성하게 되고, 성대고유층의 손상없이 성대기저막과 상피세포를 분리하여 제거할 수 있게 된다. 이러한 효과는 상피이형성증이나 성대유두종에 대한 박피(pill off)수술에 이용 가능할 수 있다.<sup>16)</sup> 또한 세포내작용으로 성대 상피세포를 연결하는 세포간교(desmosome)와 고정원섬유를 파괴하여 기저막영역에 대한 광혈관변성작용(photo-angiolytic)을 유발하게 된다.<sup>16)</sup> 성대고유층 침층에 대한 작용기전은 성대폴립의 치료에 적용될 수 있다.<sup>17)</sup> 성대폴립의 병태생리학적 특성상 성대기저막은 보존되나 고정원섬유와



Fig. 2. The target points of selective photothermolysis of PDL in the vocal fold structure.

성대고유층 침층에 위치한 제3형교원질의 손상과 함께 고유층에 위치한 미세혈관의 손상으로 인하여 발생하는 병인학적 특성을 갖는다.<sup>14)</sup> 이 경우 PDL의 에너지를 높게 하여 더 깊은 투과성과 함께 고유층에 위치한 병인적 미세혈관에 대한 선택적으로 광혈관변성작용 효과로서 병변부위의 혈액공급차단과 혈관주위 단백질의 변성으로 정상조직은 보존하면서 병변부위를 서서히 탈락시켜 나가게 하는 치료효과를 나타낼 수 있다.<sup>16,17)</sup> 이는 PDL이 450 μs의 짧은 펄스간격을 갖기 때문이며, 100 μm이내의 작은 혈관들이 선택적 광혈관변성작용을 나타내기 때문이다.

PDL의 이러한 특성으로 성대질환에 대한 “layer-specific treatment”가 가능하게 되며, 이를 위해서는 레이저출력은 500~1,500 mJ/pulse로 하여 광에너지밀도가 0.5~1.0 J/cm<sup>2</sup>이 될 수 있도록 조절한다.<sup>17)</sup>

### 펄스다이레이저 후두수술의 구성과 준비

PDL은 광섬유로 레이저빔이 전달될 수 있으므로 외래에서 국소마취하에서 레이저섬유를 이용할 수 있는 후두내시경을 이용하여 시행할 수 있다. PDL수술을 위한 장비로서는 Pulsed dye laser(Photogenica SV, Cynosure Corp. Chelmsford, MA, USA), PDL섬유가 필요하며, 내시경내 작업관(working channel)이 있는 3칩 디지털전자내시경(VNL-1530T, Pentax Medical Company, Montvale, NJ, USA)과 비디오모니터 시스템이 필요하게 된다.

수술 시행전 환자는 4% lidocaine 으로 양측 상후두신경을 마취한 후 스프레이를 이용하여 코와 인두 및 후두를 표면 마취 한다. 환자를 수술용 의자에 앉힌 후 디지털전자내시경을 넣어 성대의 병변부위를 확인한 후 위치를 고정한 후 PDL와 연결된 레이저섬유를 내시경의 작업관안에 넣어 내시경 끝에서 약 2~3 mm 정도 나오게 하여 모니터상에서 섬유

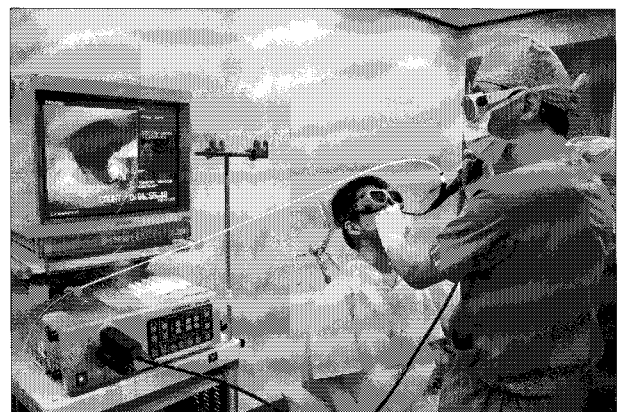


Fig. 3. Operation procedure of Office-based Pulsed dye Laser laryngeal surgery.

끝이 확인될 수 있도록 한다. 레이저섬유의 끝과 병변과는 약 2~5 mm 정도의 간격을 유지하도록 하며, 레이저빔이 조사되어 병변이 변색되는 정도와 혈관내 검은색으로 혈전이 형성되는 정도로서 에너지조사량을 조절한다. 일반적으로 레이저 조절환경은 450  $\mu$ s 펄스간격, 750~1,000 mJ/pulse output of 2 Hz, 1 mm 조사점크기(spot size), 2~45 J/cm<sup>2</sup> 으로 정하여 시행하며, 각각의 성대질환에 따라 조절값을 변화시키거나 혹은 고정된 값에서 레이저섬유의 끝과 병변과의 거리로서 에너지 양을 조절하게 된다.

일반적으로 수술 시간은 10~20분정도 소요되며, 수술을 마친 후 한시간 정도의 회복실에서 안정을 취한 후 바로 귀하게 된다(Fig. 3).<sup>17)</sup>

### 펄스다이레이저의 임상적용

PDL은 1983년 Anderson이 다이레이저의 혈관에 대한 선택성광열응해 효과가 보고된 후<sup>4)</sup> 피부과를 중심으로 많은 혈관성질환에 대한 임상적 적용이 이루어졌으며, 특히 포도주 색반점(port-wine stain), 모세혈관확장증(telangiectasis), 혈관종(hemangioma), 반흔, 비대흉터(hypertrophic scar), 켈로이드 등에 주로 사용되어 왔다.<sup>4,5,11,18)</sup> 이비인후과 영역에서 PDL이 도입되기 전에 기존의 후두미세수술의 원칙은 전신마취 하에서 후두직달경을 통한 현미경하에서의 수술이 올바른 과정으로 받아들여져 왔으나,<sup>19,20)</sup> 가장 큰 문제점은 전신마취와 관련된 이환률(morbidity)의 피할 수 없는 위험과 후두미세수술시의 후두노출의 문제와 수술적 접근성의 제한은 해결할 수 없는 문제점으로 남아 있었다.<sup>20-23)</sup> 그러나 PDL이 성대질환에 대한 치료로서 시도되면서 이러한 문제점의 해결과 함께 새로운 치료 방법의 하나로서 그 적용범위가 점차 넓어지는 보기가 이루어지고 있다. PDL의 후두질환에 대한 최초의 적용으로 1998년 후두유두종에 시도되면서,<sup>21)</sup> 점차 다양한 후두질환에 시도되어, 성문이형성증(glottal dysplasia),<sup>7,16)</sup> 후두육아종(laryngeal granuloma),<sup>8)</sup> 라인케씨부종,<sup>8)</sup> 성대폴립 및 모세혈관 확장증<sup>17)</sup> 반흔성성대 및 성대구증,<sup>23)</sup>에 대한 다양한 임상적 적용과 그 결과과 보고되고 있다.

최근에 성대질환에서 가장 난치성질환의 하나인 반흔성성대에 대한 관심이 높아져 많은 연구가 이루어지고 있다. 이미 1990년대 중반부터 피부의 반흔과 비대흉터에 대한 PDL의 유용성에 관한 연구가 이루어졌으며,<sup>24)</sup> 최근 분자생물학적 연구를 통하여 PDL의 반흔과 비대흉터 및 켈로이드에 대한 효과가 입증되고 있다.<sup>21-26)</sup> 현재까지 밝혀진 연구에 의하면 비대흉터와 켈로이드의 조직학적 특징은 조직내 섬유모세포가 증가하여 교원질 생성이 증가하고 PDGF

**Table 2.** The clinical application of 585nm Pulsed Dye Laser in laryngeal disease (Yeson voice center from 2005-2008)

Laryngeal disease	No	Rate (%)
Scarred vocal fold	182	45%
Vocal polyp	134	33%
Laryngeal papilloma	23	6%
Vocal nodule	23	6%
Reinke's edema	14	3%
Laryngeal granuloma	9	2%
Leukoplakia	7	2%
capillarectasia	8	2%
others	2	0%

(platelet-derived growth factor)가 증가하여 교원질의 축적이 일어나며, 섬유모세포의 증가로 인하여 TGF-beta 1 (Transforming growth factor)의 증가로 MMP-13(matrix metalloproteinase)가 감소하고 이로 인하여 교원질 분해가 감소하는 특징을 보이게 된다. 이러한 일련의 과정은 상처의 반흔과 켈로이드의 형성을 이루게 된다. 반흔과 켈로이드에 PDL이 조사된 후에는 가장 특징적으로 섬유모세포의 감소와 세포사멸(apoptosis)이 두드러지게 일어나면서, 교원질의 생성이 억제되고, 레이저의 혈관에 대한 응고작용으로 혈관투과성이 감소하여 TGF-beta 1의 감소와 함께 MMP-13의 증가로 인하여 교원질의 분해가 증가하게 되어 반흔과 켈로이드의 치료가 이루어지는 것이 증명되었다.<sup>18,27)</sup> 또한 최근에는 비대흉터와 켈로이드에 대한 PDL 효과의 분자생물학적 연구에서 PDL이 MAPK(mitogen-activated protein kinases) 경로를 활성화하여 켈로이드 섬유모세포의 퇴행을 유도하며, TGF-beta 1의 발현을 억제하며, TGF-beta 1의 전사인자(transcription factor)인 AP-1(activator protein) 전사를 차단하여 켈로이드에 대한 치료적 효과를 나타내는 것으로 밝혀지고 있다.<sup>25)</sup>

PDL의 반흔에 대한 치료적 적용의 이론적 배경은 성대질환의 반흔성성대와 성대구증에도 적용될 수 있게 되었다. 반흔성성대에 대한 임상적인 적용으로 본원에서는 2005년부터 2008년까지 약 182예의 반흔성성대와 성대구증에 PDL 치료를 시행하여 초기치료로서 약 64%에서 음성학적 호전이 이루어졌으며, 6개월이내 2차 시술을 시행한 경우 약 78%까지 음성학적 호전과 만족도가 증가함을 확인할 수 있었다(Table 2).

### 펄스다이레이저의 합병증

PDL의 사용에서 가장 흔한 합병증은 자색반증(purpura)이나 점상출혈(petechiae)이다. 이는 성대점막아래의 미세

혈관에 대한 PDL의 혈관의 응고와 파열로 인하여 생기게 되며, 대략 1~2주정도 유지된 후 점차 호전된다. 과도하고 잘못된 에너지범위의 사용이 있게 될 경우 출혈과 과다색소침착, 위축성 반흔등이 나타날 수도 있다.<sup>5)</sup> 그러므로 적절한 에너지 조사량을 조절하고 투과되는 깊이는 염두에 두고 에너지 준위와 거리를 적절하게 조절하여 치료하고자 하는 병변만을 치료할 수 있도록 하여야 한다.

## 펠스다이레이저의 장점과 단점

후두질환에 대한 새로운 개념으로서의 PDL 후두수술은 많은 장점을 제공한다. 기존의 후두수술은 수술실에서 전신마취하에 후두직달경을 이용하여 시행하는 것이 치료에 올바른 방법으로 인식되어 왔으나 PDL의 등장으로 외래에서 국소마취하에 후두수술이 시행될 수 있다는 새로운 치료의 한 방법이 제시되게 되었다. 국소마취하에서 시술됨으로서 노인환자 특히 심혈관계에 이상이 있는 고령의 환자들에게서도 후두수술이 가능하게 되었다. 또한 PDL의 광역학적 특성상 미세혈관에 대한 뛰어난 선택성과 정교한 혈액응고과정으로 무혈수술과 성대점막의 보존이 가능하여 음성보존에 뛰어난 효과를 나타낸다. 기존의 후두미세수술의 경우 후두의 노출에 어려움이 있는 환자들이나, 일반적으로 후두미세수술로서는 접근하기 어려웠던 후두개의 후두면이나 성문후연합부위위에 병변이 있는 환자들의 치료에 매우 어려움이 있었으나 PDL 후두수술의 경우 후두내시경을 이용하여 치료하므로 이러한 환자들에게 더 뛰어난 접근성을 갖고 있다. 물론 이러한 장점들이 전신마취하에서 시행하는 후두미세수술의 치료에 대한 필요성을 모두 대체할 수 있는 것은 아니다.

PDL 후두수술의 단점으로는 장비구입을 위해서 많은 비용이 소요되며, 국소마취하에서 시술되는 관계로 움직이는 목표점에 정확하게 조사할 수 있도록 후두내시경을 숙련되게 다룰 수 있어야 한다. PDL은 CO<sub>2</sub> 레이저와는 다르게 가이드빔이 없으므로 스스로 레이저빔이 도달할 곳을 예측하여 내시경 끝의 방향과 거리를 적절히 조절하여 시술하여야 하는 단점이 있다. 또한 광섬유를 통해 레이저빔이 병변에 조사될 때 단위면적당 전달되는 에너지의 양을 정량적으로 정확하게 측정하기 어려우며, 성대점막하 조직에 대한 개관적인 손상 정도를 예측하는데 어려움이 있게 된다.

## 결 론

외래에서 시행 가능한 PDL 후두수술은 현재 다양한 후두질환에 대한 적응증을 넓혀나가고 있으며, PDL의 고유의 독특

한 광역학적 특성은 성대질환에서 매우 유용하게 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 기존의 후두수술에 대한 새로운 패러다임의 후두수술 개념을 제공하고 있다. PDL이 후두질환 치료에 더 많이 적용되며, 이에 대한 더 많은 연구가 계속된다면, 가까운 미래에 이비인후과적 영역에서의 후두학적 발전에 크게 기여할 수 있는 가능성을 갖고 있으리라 생각된다.

**중심 단어 :** 펄스다이레이저 · 후두수술 · 양성성대질환.

## REFERENCES

- 1) Abitbol J, Abitbol P. *Surgical management of non-neoplastic vocal fold lesions: Laser versus cold knife excision. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;8:514-23.
- 2) Shapsay SM, Rebeiz EE, Bohigian RK, Hybels RL. *Benign lesions of the larynx: Should the laser be used? Laryngoscope* 1990;100:953-7.
- 3) Broska P, Martinho E, Goodman MM. *Comparison of the argon tunable dye laser with the flashlamp pulsed dye laser in treatment of facial telangiectasia. J Dermatol Surg Oncol* 1994;20:749-53.
- 4) Anderson RR, Parrish JA. *Selective photothermolysis: Precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. Science* 1983;220:524-7.
- 5) Smit JM, Bauland CG, Wijnberg DS, Spauwen PHM. *Pulsed dye laser treatment, a review of indications and outcome based on published trials. Br J Plas Surg* 2005;58:981-7.
- 6) Morelli JG, Garden J, Margolis R, Seki Y, Boll J, Carney JM, et al. *Tunable dye laser (577nm) treatment of port wine stains. Lasers Surg Med* 1986;6:94-9.
- 7) Zeitels SM, Franco RA, Dailey SH, Burns JA, Hillman RE, Anderson RR. *585-nm pulsed dye laser treatment of glottal dysplasia. Ann Otol Rhinol Laryngol* 2003;112:751-8.
- 8) Clyne SB, Nalum SL, Koufman JA, Postama GN. *Pulsed dye laser treatment of laryngeal granulomas. Ann Otol Rhinol Layngol* 2005;114:198-201.
- 9) Mouadeb DA, Belafsky PC. *In-office laryngeal surgery with the 585nm pulsed dye laser (PDL). Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;137:477-81.
- 10) Bhatta N, Isaacson K, Bhatta KM, Anderson RR, Schiff I. *Comparative study of different laser systems. Fertil Steril* 1994;61:581-91. Review.
- 11) Tan OT, Murray S, Kurban AK. *Action spectrum of vascular specific injury using pulsed irradiation. J Invest Dermatol* 1989;124:868-71.
- 12) Paul BS, Anderson RR, Jarve J, Parrish JA. *The effect of temperature and other factors on selective microvascular damage caused by pulsed dye laser. J Invest Dermatol* 1983;81:333-6.
- 13) Gray SD. *Cellular physiology of the vocal folds. Otolaryngol head neck surg* 2000;33:679-97.
- 14) Kim HT, Chou YH, Choi HK, Kim HS, Cho SH. *Pathogenetic hypothesis of benign laryngeal disease from histopathologic change in the basement membrane zone and the superficial layer of lamina propria. Korean J Otolaryngol* 2005;48:65-9.
- 15) Cho SH, Kim HT, Lee IJ, Kim MS, Park HJ. *Influence of phonation on basement membrane zone recovery after phonomicrosurgery: A canine model. Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;109:658-66.
- 16) Ayala C, Selig M, Faquin W, Franco RA Jr. *Ultrastructural evaluation of 585-nm pulsed-dye laser treated glottal dysplasia. J Voice* 2007;21(1):119-26.
- 17) Kim HT, Auo HJ. *Office-based 585nm pulsed dye laser treatment for vocal polyps. Acta Oto-Laryngologica*. 2008;128:1043-7.
- 18) Bouzari N, Davis SC, Nouri K. *Laser treatment of keloids and hypertrophic scars. Int J Dermatol* 2007;46:80-8.
- 19) Kirstein A. *Autoscopy of the Larynx and Trachea (Direct examination*

- without mirror), Philadelphia, Pa: FA Davis: 1897.
- 20) Killian G. *Suspension laryngoscopy and its practical use. J Laryngol Otol* 1914;24:337-60.
  - 21) Bower CM, Waner M, Flock S, Schaeffer R. *Flash pump dye laser treatment of laryngeal papillomas. Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998;107:1001-5.
  - 22) Sulica L, Behrman A. *Management of benign vocal fold lesions : A survey of current opinion and practice. Ann Otol Rhinol Laryngol* 2003; 112:827-33.
  - 23) Mortensen MM, Woo P, Ivey C, Thompson C, Carroll L, Altman K. *The use of the pulse dye laser in the treatment of vocal fold scar: A preliminary study. Laryngoscope* 2008;118:1884-8.
  - 24) Manuskiatti W, Fitzpatrick R, Goldman M. *Energy density and numbers of treatment affect response of keloidal and hypertrophic sternotomy scars to the 585nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser. J Am Acad Dermatol* 2001;45:557-63.
  - 25) Kuo YR, Wu WS, Wang FS. *Flashlamp pulsed-dye laser suppressed TGF- $\beta$ 1 expression and proliferation in cultured keloid fibroblasts is mediated by MAPK pathway. Lasers Surg Med* 2007;39:358-64.
  - 26) Alster TS, Williams CM. *Treatment of keloid sternotomy scars with 585nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser. Lancet* 1995;345:1198-200.
  - 27) Tuan T, Nichter LS. *The molecular basis of keloid and hypertrophic scar formation. Mol Med Today* 1998;4:19-24.