

양측성 성대 마비의 치료

울산대학교 의과대학 서울아산병원 이비인후과학교실

류 인 선 · 최 승 호

Management of Bilateral Vocal Cord Palsy

In Sun Ryu and Seung-Ho Choi

Department of Otolaryngology, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea

Bilateral vocal cord palsy (BVCP) present a challenging condition which result from various etiologies including iatrogenic recurrent laryngeal nerve injury, progressive neurological disorder, intubation, trauma, tumor and idiopathic cause. Careful history taking, laryngoscopic evaluation, laryngeal EMG, and imaging studies are helpful for providing a precise diagnosis and planning appropriate treatment. BVCP causes airway restriction and not vocal dysfunction. In patients with BVFP, treatment is directed at maximizing the airway, while attempting to limit the negative effects of treatment on vocal function. A variety of surgical procedures are available for mangement of BVCP. The most conservative, limited procedure should be selected initially, and then further surgery and more extensive surgery can be tailored to the patient's airway and voice needs. This review will address the etiology, diagnosis, and managements of BVCP.

Korean J Bronchoesophagol 2013;19:5-10

KEY WORDS Bilateral vocal cord palsy · Immobility · Surgery · Management.

서 론

후두를 관찰 할 때 성대의 움직임이 없거나 감소된 상태를 흔히 “성대 마비”라 표현한다. 그러나 성대의 움직임이 감소된 상태는 실제 다양한 병태 생리학적 기전으로 유발 될 수 있으므로 성대 움직임 자체를 기술하는 “vocal fold immobility”라는 표현이 더 적절하다. 양측성 성대고정(bilateral vocal fold immobility)은 성대의 움직임이 양측 모두 손상된 경우로 원인 질환 및 빈도, 자연 회복의 가능성 등에서 일측성 성대고정과 는 차이가 있고, 증상에 있어서도 호흡곤란이 대표적이므로 이에 대한 치료적 접근이 확연히 다르다. 양측성 성대고정의 원인은 크게 마비 혹은 신경학적 질환(paralysis/neurologic disease), 윤상피열 관절고정(cricoarytenoid joint fixation), 침윤성 또는 염증성 병변(infiltrative or inflammatory lesions),

반흔성 망상조직(cicatricial web)으로 분류할 수 있다(Table 1).¹⁾ 본 고에서는 성인에서 양측성 성대 고정의 가장 흔한 원인인 양측성 성대 마비의 원인 질환, 평가 및 치료 원칙에 대해 알아보고자 한다.

본 론

원인 및 감별 진단

양측성 성대마비의 원인으로는 갑상선을 비롯한 수술이 가장 흔하고(26~59%), 기관삼관(1~31%), 외상(1~28%), Parkinson disease와 같은 신경학적 이상(7~22%), 후두 외 악성종양(5~17%) 등이 있다.^{2,3)} 특발성마비도 적지 않은 비중을 차지하는데 편측성에 비해서는 적은 빈도를 차지하는 것으로 알려져 있다(23% vs. 12%). 기도 삼관 이외의 기계적 원인이나 후두나 윤상피열 관절의 염증성 질환, 방사선 치료 등도 원인이 될 수 있다. 특히 성대고정과 감별해야 할 질환에는 역설적 성대운동(paradoxical vocal fold motion)과 기능적 장애를 들 수 있다.

자세한 병력 청취와 두경부 신체 진찰 만으로도 양측성 성

논문접수일: 2013년 6월 4일 / 심사완료일: 2013년 6월 10일

교신저자: 최승호, 136-736 서울 송파구 올림픽로 43길 88

울산대학교 의과대학 서울아산병원 이비인후과학교실

전화: 02-3010-3710 · 전송: 02-489-2773

E-mail: shchoi@amc.seoul.kr

대 마비 여부를 진단 할 수 있으며 상당수 환자에서는 원인 질환의 감별도 가능하다. 가장 기본적으로 후두 원시경(laryngeal telescope) 혹은 굴곡성 후두경 검사(flexible fiberoptic laryngoscope)이다. 자발 호흡 주기에 맞춰 성대 움직임을 관찰 하는데 피열 연골 움직임 여부를 세심하게 관찰 해야 한다. 이 때 환자에게 휘파람 또는 기침을 시키거나 코로 숨을 들이마시게 하여 불수의적으로 외전근을 사용하도록 하면 피병(malin-

gering)이나 이상 운동질환(dystonia) 등을 감별할 수 있다. 후두 근전도(laryngeal EMG)를 시행함으로써 성대고정(fixation)과 마비(paralysis), 생리적 신경 차단(neurapraxia)나 축삭 절단(axonal transection)을 감별할 수 있을 뿐만 아니라 신경근질환이나 말초 신경병증 등을 진단 할 수 있고 환자의 예후 판정 등에 유용하다. 후두 근전도는 적시에 시행하는 것이 매우 중요하다. 감별 진단을 돕기 위해 빠르면 수상 후 2일 째 시행하는 후두 근전도가 도움이 될 수 있다. 예후를 판정하기 위한 기저 후두 근전도는 수상 후 30일 이후에 시행해야 하며, 추가 검사는 수상 후 30~60일 째에 하는 것이 좋다. 수상 6개월이 경과한 후에는 후두 근전도는 성대 고정과 성대 마비를 감별할 때만 유용하며, 신경 재생을 평가 하는데 있어서는 적합하지 않다.

현수 후두경을 걸고 충분히 근이완을 시킨 상태에서 피열 연골을 촉진하는 검사는 윤상 피열 관절의 강직이나 피열연골간 반흔을 확인하는데 있어 매우 중요하다(Fig. 1). 이때 후두 전체의 움직임을 피열 연골의 움직임으로 착각하지 않도록 한 손으로 후두를 고정하고 피열 연골을 촉진하는 것이 바람직하다. 촉진 시 피열 연골의 움직임이 없다면 윤상 피열 관절의 고정을 의미하며, 한쪽의 피열 연골을 외측으로 밀 때 반대측 피열 연골이 내측으로 함께 움직인다면 이는 피열 간부의 반흔을 시사하는 소견이다. 성대 마비의 원인을 확인하기 위한 중요한 검사로 두개저로부터 상부 종격동까지 미주 신경의 전장에 걸친 컴퓨터 단층 촬영 및 흉부 방사선 검사를 시행할 수 있다. 또한 폐기능 검사를 통한 기류 용적 곡선(flow-volume loop)은 기도 폐쇄의 특징과 정도에 대한 객관적 정보를 제공하므로 유용한 검사이다.

Table 1. Etiologies of bilateral vocal fold immobility in adults

Paralysis/neurologic
Surgical trauma
Prolonged intubation
Thyroid, esophageal, tracheal malignancies
Midbrain stroke
Amyotrophic lateral sclerosis
Arnold-Chiari malformation
Diabetic neuropathy
Multiple sclerosis
Guillian-Barre syndrome
Cricoarytenoid fixation
Arytenoid dislocation (blunt or intubation trauma)
Rheumatoid arthritis
Ankylosing spondylitis
Infiltrative or inflammatory lesion
Amyloidosis
Wegener's granulomatosis
Sarcoidosis
Lipoid granulomatosis
Radiation therapy
Idiopathic fibrosis
Cicatricial webs
Prolonged intubation
Cicatricial pemphigoid
Endolaryngeal surgery
Gastroesophageal reflux disease
Idiopathic

치 료

양측성 성대마비 시에는 일반적으로 양측 성대가 내전된 상태를 유지함으로써 발성은 어느 정도 이루어지지만 흡기성 천

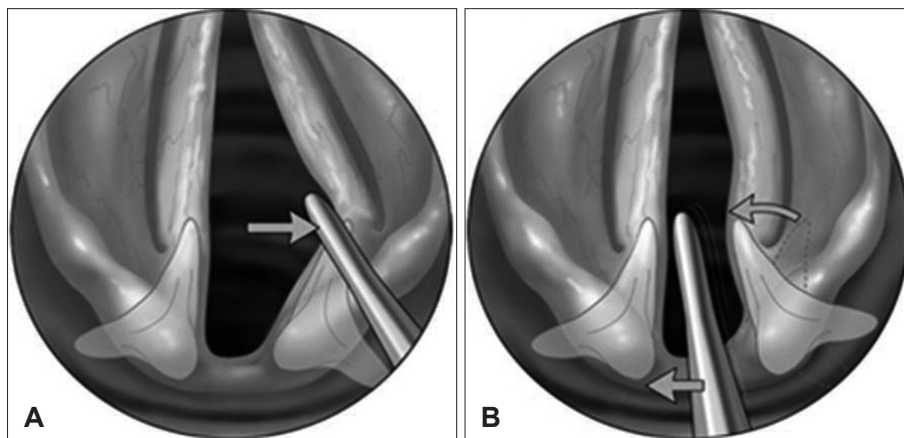


Fig. 1. A: Palpation of a mobile (non-fixed) cricoarytenoid joint: lateral displacement of arytenoid with blunt instrument. B: Release of arytenoid, resulting in recoil of arytenoid medially. This would be observed in a patient with BVFP.

명 및 호흡근란이 초래되어, 음성보다는 기도확보가 치료의 주 관심사가 된다. 호흡근란의 정도는 성문 간극의 폭뿐만 아니라 환자의 신체 크기, 동반 질환 및 신체 활동 정도에 따라 달라질 수 있다. 양측성 성대마비 환자들은 흔히 연하곤란과 흡인을 동반하고 있으며 기도를 확보하는 것에만 치중하면 수술 후 흡인이 더 심해질 수 있어 치료 전 충분히 고려하고 환자와의 상의하여야 한다.

양측성 성대마비 치료의 목적은 적절한 기도를 확보하면서도 연하와 발성 기능의 저하를 최소화 하는 것이다. 신경재지배(reinnervation)나 후두 조율(laryngeal pacing)은 마비된 신경근육계의 기능을 회복하는 이상적인 방법이지만 아직까지는 실험적 단계를 넘어 임상적으로 사용되고 있지 못하다.^{4,5)} 따라서 기도를 영구적으로 넓혀주어 안정적인 기도를 확보할 수 있는 정위적 술식(static procedure)인 기관절개술, 성대 횡절개술, 피열연골절제술, 성대 측방 고정술 등의 수술적 치료를 하는 것이 일반적이다. 기관절개술을 하면 가장 확실히 기도를 확보할 수 있지만 경부에 절개를 하여야 하고 캐놀라를 지속

적으로 관리하여야 하는 불편함이 있어, 기관절개술보다는 내시경적으로 기도를 확보하는 방법이 선호된다. 기도 확장에는 필연적으로 발성 기능 저하 및 흡인을 동반하게 되므로 발성/연하기능과 호흡의 균형을 맞추는 것이 중요하다.

피열연골절제술(Arytenoidectomy)

양측성 성대마비 시 피열연골은 성문 후방 기도를 막고 있으므로 이를 수술적으로 제거하면 호흡을 위한 통로를 확보할 수 있다. 초창기에는 후두절개술(laryngofissure)을 통하거나 갑상연골 후방 또는 갑상연골에 창을 내어 피열연골에 접근하는 방법이 시도되었으나, 피부 절개를 피하고 수술로 인한 후유증을 최소화하기 위하여 내시경적으로 레이저를 사용하는 방법이 보편적으로 사용되고 있다(Fig. 2). 후두 점막의 손상 범위가 넓으면 술 후 육아조직이 형성되므로 이를 피하기 위하여 피열 연골을 덮고 있는 점막을 최대한 보존하는 것이 좋다. 레이저를 사용하여 피열 연골 전체를 절제하려면 시간이 많이 걸리고 기도 확보를 위하여 모두 절제할 필요도 없으므로 근래에는 더 간편한 성대 횡절개술이나 후방 성대절제술이 주로 시행된다.

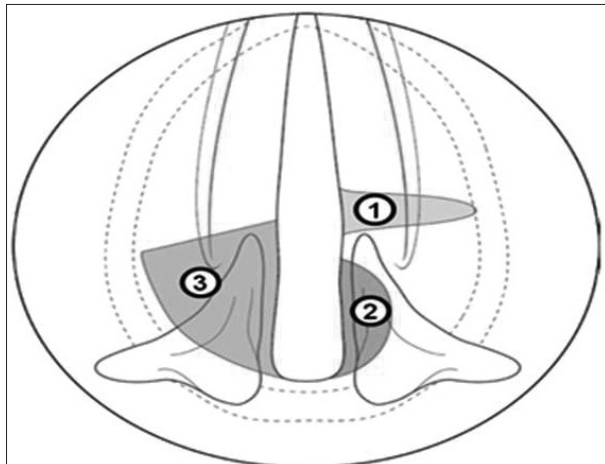


Fig. 2. Diagram of different degrees of arytenoid removal (medial, total) compared to transverse cordotomy (①). Laser ablation of the medial arytenoid for medial arytenoidectomy (②). Laser ablation of total arytenoidectomy is shaded area (③).

성대 횡절개술(Transverse cordotomy) 또는 후성대절제술(Posterior cordectomy)

성대 횡절개술은 현수후두경하에서 주로 레이저를 사용하여 일측 혹은 양측 성대를 횡으로 절개하는 방법이다.⁶⁾ 피열연골의 성대돌기 vocal process 바로 앞에서 연골이 노출되지 않도록 성대 막양부만을 절개한다. 잘라진 갑상 피열근이 앞쪽으로 수축하면서 성대 후방의 공간이 넓어지는 동시에 전방 성대의 부피가 늘어나서 술 후 목소리 보존에도 도움이 된다(Fig. 3A). 처음으로 보고할 때에는 후방 성대절제술이라고 명명하였지만 조직을 제거하는 것이 아닌 절개만 가하는 술식이므로 후에 성대 횡절개술이라는 용어가 더 널리 사용되게 되었다. 많은 경우에 성대에 절개를 가하는 동시에 피열연골 성대돌기

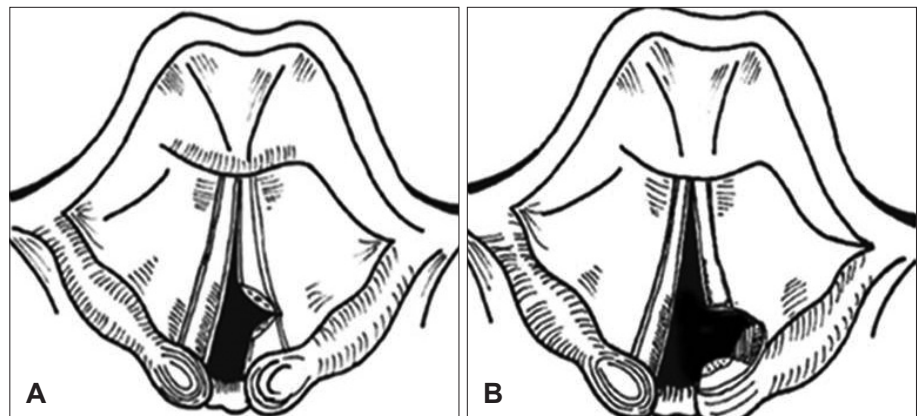


Fig. 3. A: Transverse cordotomy. B: Posterior cordectomy.

를 일부 함께 제거하는데 이를 구분하여 후방 성대절제술이라고 부른다(Fig. 3B). 술 후 성대의 긴장도가 약간 떨어지므로 음성이 약해지는 경향이 있으나 막대 막양부 대부분이 보존되므로 대부분 일상대화에는 큰 지장이 없는 정도로 음성기능을 유지할 수 있다. 수술 부위에 육아종과 반흔이 생기면서 재협착되는 일이 드물지 않으므로 수술 후 최소한 3~4개월 정도는 추적 관찰하면서 재수술의 가능성을 염두에 두어야 한다. 성대 횡절개술을 일측에만 하는 것이 좋은지 양측에 하는 것이 좋은지에 대해서는 논란이 있으며 성대 손상을 최소화하면서 충분한 기도를 확보하도록 고민할 필요가 있다. 일측성으로 시행할 경우 좌우 중 어느 쪽을 할지에 대해서도 선택을 하여야 하는데 술 전 후두근전도 상 일측에 신경 회복의 가능성이 있다면 반대측에 성대 횡절개술을 하는 것이 바람직하며, 수술 중 윤상피열 관절의 움직임을 평가하여 나쁜 쪽을 절개하는 것이 원칙이다.

성대 측방 고정술(Laterofixation of vocal folds)
또는 피열연골 외전술(Arytenoids abduction)

성대 또는 피열연골을 측방으로 견인하여 고정함으로써 성대 간극을 넓혀 기도를 확보하는 방법이다. 윤상피열 관절이 고정된 경우 효과가 제한적이므로 수술 중 피열연골의 가동성을 확인하는 것이 중요하다. 후방 성대절제술을 함께 시행하기도 하고 연골이나 근육을 그대로 둔 채 단순히 점막을 관통하여 봉합사를 성대 상하에 걸어 고정하기도 한다. 일반적으로 현수후두경 하에 성대의 후방 1/3 지점, 성대 위 아래에 한 개 혹은 두 개의 비흡수성 봉합사(2-0 prolene 또는 나일론)를 관통하는데 endo-extralaryngeal needle carrier를 사용하면 편리하다는 보고도 있지만 spinal needle을 사용하여도 어렵지 않게 시술이 가능하다(Fig. 4).⁷⁾ 봉합사의 외측 끝은 갑상연골, 피대근 및 피부를 관통하여 피부 밖에 실리콘 튜브 또는 단추를 받치고 묶어 주었다가 3주 후 제거한다. 이 기간 중 실리콘 단추 부위의 피부에 염증이 생길 수 있는데 이를 피하기 위하여 피부에 작은 절개를 하여 매듭 끝을 피하에 두기도 한다. 성대 측방 고정술은 피열연골절제술이나 성대 횡절개술과 달리 봉합을 해제하면 어느 정도 가역적이기 때문에 갑상선 수술 후와 같이 회복 가능성이 있는 경우에도 유용하게 적용할 수 있다.

피열연골 외전술은 성대의 외전기능만 소실된 경우 피열연골 근돌기 muscular process와 갑상연골 하각을 떼어 당김으로써 피열연골을 외전시키는 술식이다.⁸⁾ 호흡 시에는 외전상태를 유지하지만 발성 시에는 성대 내전이 가능하므로 기능적으로 우수한 술식으로 평가되나 비교적 최근에 소수의 보고가 있을 뿐이기 때문에 널리 사용되고 있지는 않다.

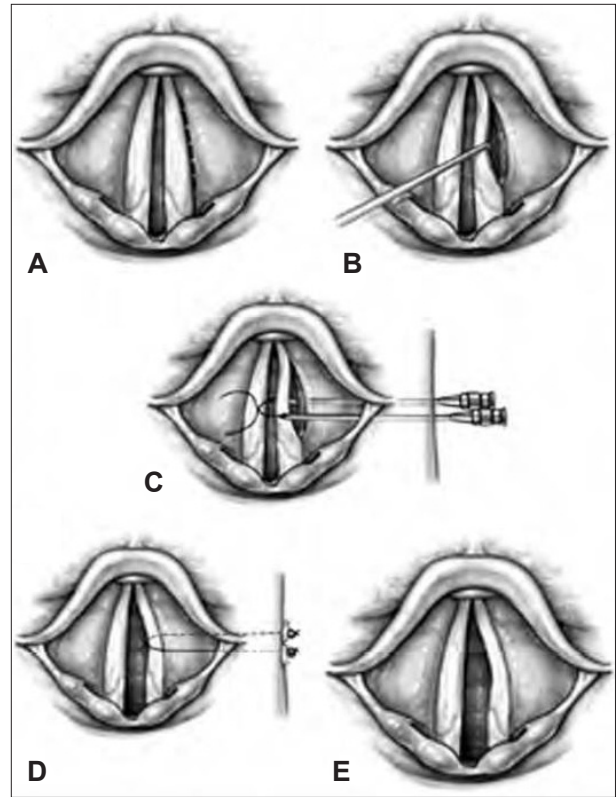


Fig. 4. A: An incision is made lateral and parallel to the vocal fold. B: A wedge of thyroarytenoid muscle is removed, and the base is cauterized. C: Placement of transcutaneous sutures. D: The vocal fold is lateralized by a temporary suspension suture. E: The site 6 weeks after sutures are removed.

후두 조율(Laryngeal pacing)

후두에 적용하는 기능적 전기자극 functional electrical stimulation으로서 반회후두신경이나 후두 근육에 전극을 부착 또는 삽입하여 전기 자극을 가하는 방법이다. 일측성 성대마비에서 성대를 내전시키는 것보다는 양측성 마비에서 후윤상피열근을 자극하여 성대를 외전 시킴으로써 기도를 확보하는 방법으로 주로 연구되었다. 후두 조율은 심박동 조율기와 달리 원심성뿐 만 아니라 구심성 축이 모두 필요하다. 구심성 축은 효율적이고 적시의 근육 수축을 가능하게 하기 위한 정보를 제공하는 역할을 한다. 일측성 성대 마비의 경우 견측 성대의 외전 시 환측 성대가 내전이 되도록 자극이 된다면 성대의 기도 보호 기능이나 음성의 호전을 기대 할 수 없다. 즉, 호흡의 주기에 따라 조율기가 작동이 되도록 제작 되어야 하며, 이를 위해 횡격 신경의 신경 활동이나 흉압의 변화, 흉곽의 확장 등의 현상을 흡기의 신호로 이용한다. 이러한 자극들이 발생하며 후두 조율기가 후윤상 피열근을 자극하여 성대를 외전 시키도록 하는 것이다. 따라서 신경 재지배술에서와 마찬가지로 일측 이상의 피열 연골이 수동적으로 운동이 가능하여야 한다는 전제 조건이 필요하다. 후두 조율기의 원심성 축은 미주 신경이

나 반회 후두 신경이 보존 되어 있는 경우 신경에 직접 연결할 수 있으며, 신경 근관이나 근육 자체에도 연결할 수 있다.

아직까지 동물을 이용한 실험적 보고는 많으나^{9,10} 생체 내에서 장기간 거치하면서 전기를 통하여도 조직 손상이나 염증 반응이 없는 전극의 개발이나 비침습적이면서 효과적인 호흡 시점 검출 기전 등 해결해야 할 문제가 많아 사람에서 임상 적용한 보고는 매우 제한 적이다.¹¹

신경 재분포(Reinnervation)

반회후두신경이나 미주신경의 마비로 인한 양측성 성대 마비의 경우, 일측 혹은 양측 후윤상 피열근의 신경재분포는 성대 후방을 개방하기 위한 이상적인 치료라고 할 수 있다. 이러한 신경재분포는 침습적인 기관 절개술이나 성대 절개술 및 피열연골 절제술 등과 같이 후두 고유의 구조를 파괴하는 수술을 시행하지 않으면서 이론적으로는 흡기 시 후두가 개방되는 거의 정상에 가까운 후두 기능을 복구 할 수 있다. 그러나 신경재분포라고는 하지만 성대 움직임을 회복시키는데 보다는 성대근의 위축을 방지하는 측면이 강하며 특히 반회후두신경에 대한 재건 시에는 동조운동 synkinesis이 유발되는 경우가 흔하다. 이러한 술식이 성공하기 위한 전제조건으로는 적어도 일측 피열연골이 수동적으로 운동이 가능해야 한다. 신경재분포를 이루는 전략으로는 잘라진 반회후두신경의 끝을 직접 연결하는 방법, 대이개신경 greater auricular nerve이나 장판지신경 sural nerve을 이식하는 방법, 목신경고리 ansa cervicalis를 후두 근육에 직접 또는 신경근피판 neuromuscular pedicle 형태로 이식하는 방법, 목신경고리 또는 설하신경 hypoglossal nerve과 잘라진 반회후두신경을 연결하는 방법, 후두 근육 또는 신경에 전극을 삽입 또는 부착하여 전기 자극을 가하는 방법 등이 있다.

반회후두신경 문합술 recurrent laryngeal nerve anastomosis

수술 중 반회후두신경 절단이 확인되고 신경 결손 부위가 길지 않을 때 시도할 수 있는 방법이다. 대개 갑상선 수술 중의 반회후두신경 손상 시 적용되며, 가능하면 즉시 문합을 하는 것이 하지 않은 것에 비해 6개월 후 음성기능이 우수하다.¹² 문합은 현미경 하에 10-0 프롤렌 또는 나일론 봉합사를 사용하여 신경외막 epineurium 봉합을 두세 군데 시행한다. 반회후두신경 앞가지 anterior branch 또는 뒤가지 posterior branch가 절단되었을 때 문합을 하면 기능적으로 우수하지만 반회후두신경 전체를 문합하면 성대 내전근과 외전근의 수반운동으로 인해 내전 기능이 회복되지 않는 경우가 많다. 문합 시 신경의 국소순서적 방향 topographic orientation을 맞추는 것

이 이상적일 것 같지만 일단 절단되고 나면 방향을 알기 어려운 경우가 많으며, 절단된 신경을 원래 위치에서 그대로 문합하거나 180도를 돌려 반대로 문합하거나 내전력에 있어서 차이가 없음이 실험적으로 보고된 바 있다.¹³

목신경고리-반회후두신경 문합술 ansa cervicalis-recurrent laryngeal nerve anastomosis

반회후두신경 결손 부위가 길어서 단단문합술이 불가능할 때나 반회후두신경이 연결은 되어있으나 미주신경이 마비되었을 때 시행할 수 있다. 견갑설골근 omohyoid muscle을 들어 올리면서 박리하면 내경정맥과 총경동맥 위로 지나가는 목신경고리를 관찰할 수 있다. 이를 가능한 한 길게 박리하여야 문합부가 당기지 않으며 되도록이면 굵은 부분에서 절단하여야 문합이 용이하고 기능회복에도 유리하다.¹⁴ 목신경고리 주가지를 이용할 수도 있고¹⁵ 성대를 내전시킬 목적으로는 흉골설골근, 외전시킬 목적으로는 흉골갑상근 또는 견갑설골근으로 구분하여 사용하기도 한다.¹⁶ 목신경고리에 연결하는 반회후두신경 원위부는 가능하면 짧게 후두에 가까운 지점까지 박리하여 절단하는 것이 빠른 신경회복에 도움이 되며 후두 밖 분지가 있으면 분지되기 직전 지점에서 절단하는 것이 좋다.¹⁷ 흔히 갑상선암이 반회후두신경을 침범하여 신경이 암과 함께 절제되는 경우 수술과 동시에 시행되지만 일측성 성대마비가 발생하고 1년 이상 경과한 후 시행하여도 음성 호전을 기대할 수 있다.¹⁶ 만일 광범위한 측경부 림프절전이 등으로 동측의 목신경고리를 사용하기 어렵다면 반대측 목신경고리를 사용하는 것도 가능하다.¹⁸

목신경고리 신경근피판술 ansacervicalis neuromuscular pedicle technique

신경 말단부와 이를 둘러싼 근육 조각을 함께 절제하여 이를 수용부 근육 recipient muscle에 이식하는 방법을 신경근피판술이라고 부른다. 양측성 성대마비 시 목신경고리가 지배하는 피대근 신경근피판을 후윤상피열근에 이식하는 경우가 가장 흔하며 일측성 성대마비 시 동일한 피판을 갑상피열근에 이식하는 것도 가능하다.¹⁹ 피판의 넓이에 의해 자극되는 수용부 근육의 범위가 결정되므로 일반적으로 자극되는 근육의 영역이 좁다는 것이 단점이다.²⁰ 목신경고리가 견갑설골근에 부착되는 부위에서 신경이 부착된 상태로 2~3 mm 크기의 근육조각을 절제하여 얻는다. 갑상연골 외측면의 하인두수축근 inferior pharyngeal constrictor을 절개하고 갑상연골을 전방으로 견인하여 회전시키면서 후윤상피열근을 노출한 후 근신경피판을 후윤상피열근에 봉합한다. 일측성 성대마비 시에는 갑상연골에 작은 창을 내어 갑상피열근의 외측부에 근신경피

판을 포함한다.

보툴리눔 독소 주입(Botulium toxin injection)

Cohen 등은 반회후두신경이 절단된 실험동물의 운상갑상근에 보톡스를 주입하였다. 이들은 성대가 주사 후에 외전되고 기도가 개선되는 것을 관찰 하였으며, 이 효과는 주어진 용량만큼 지속되었다고 보고하였다.²¹⁾ 최근 문헌 보고에 따르면 신경 손상 후 회복 과정에서 성대 내전근과 외전근의 연축(synkinesis)이 발생한 경우 내전근인 측윤상 피열근과 갑상피열근에 보툴리눔 독소를 양측에 주입함으로써 부적절한 내전근의 연축을 차단하여 기도를 확보할 수 있었다고 하였다.²²⁾

REFERENCES

- 1) Hillel AD, Benninger M, Blitzer A. Evaluation and management of bilateral vocal cord immobility. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1999; 121:760-5.
- 2) Sapundzhiev N, Lichtenberger G, Eckel HE. Surgery of adult bilateral vocal fold paralysis in adduction: history and trends. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2008;265:1501-14.
- 3) Benninger MS, Gillen JB, Altman JS. Changing etiology of vocal fold immobility. *Laryngoscope* 1998;108:1346-50.
- 4) Billante CR, Zeale DL, Courey MS, Netterville JL. Effect of chronic electrical stimulation of laryngeal muscle on voice. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002;111:328-32.
- 5) Zeale DL, Billante CR, Courey MS, Sant'Anna GD, Netterville JL. Electrically stimulated glottal opening combined with adductor muscle botox blockade restores both ventilation and voice in a patient with bilateral laryngeal paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002;111:500-6.
- 6) Dennis DP, Kashima H. Carbon dioxide laser posterior cordectomy for treatment of bilateral vocal cord paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1989;98(12 Pt 1):930-4.
- 7) Damrose EJ. Suture laterofixation of the vocal fold for bilateral vocal fold immobility. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2011;19: 416-21.
- 8) Woodson G, Weiss T. Arytenoid abduction for dynamic rehabilitation of bilateral laryngeal paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2007; 116:483-90.

- 9) Katada A, Nonaka S, Adachi M, Kunibe I, Arakawa T, Imada M, et al. Functional electrical stimulation of laryngeal adductor muscle restores mobility of vocal fold and improves voice sounds in cats with unilateral laryngeal paralysis. *Neurosci Res* 2004;50:153-9.
- 10) Nomura K, Kunibe I, Katada A, Wright CT, Huang S, Choksi Y, et al. Bilateral motion restored to the paralyzed anine larynx with implantable stimulator. *Laryngoscope* 2010;120:2399-9.
- 11) Broniatowski M, Grundfest-Broniatowski S, Hadley AJ. Improvement of respiratory compromise through abductor reinnervation and pacing in a patient with bilateral vocal fold impairment. *Laryngoscope* 2010;120:76-83.
- 12) Chou FF, Su CY, Jeng SF, Hsu KL, Lu KY. Neurotomy of the recurrent laryngeal nerve. *J Am Coll Surg* 2003;197:52-7.
- 13) Paniello RC, West SE. Laryngeal adductory pressure as a measure of post-reinnervation synkinesis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;109: 447-51.
- 14) Crumley RL, Izdebski K. Voice quality following laryngeal reinnervation by ansa hypoglossi transfer. *Laryngoscope* 1986;96:611-6.
- 15) Wang W, Chen D, Chen S, Li D, Li M, Xia S, et al. Laryngeal reinnervation using ansa cervicalis for thyroid surgery-related unilateral vocal fold paralysis: a long-term outcome analysis of 237 cases. *PLoS One* 2011;6:e19128.
- 16) Goding GS Jr. Nerve-muscle pedicle reinnervation of the paralyzed vocal cord. *Otolaryngol Clin North Am* 1991;24:1239-52.
- 17) Lee WT, Milstein C, Hicks D, Akst LM, Esclamado RM. Results of ansa to recurrent laryngeal nerve reinnervation. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;136:450-4.
- 18) Wang W, Chen S, Chen D, Xia S, Qiu X, Liu Y, et al. Contralateral ansa cervicalis-to-recurrent laryngeal nerve anastomosis for unilateral vocal fold paralysis: a long-term outcome analysis of 56 cases. *Laryngoscope* 2011;121:1027-34.
- 19) Kumai Y, Ito T, Udaka N, Yumoto E. Effects of a nerve-muscle pedicle on the denervated rat thyroarytenoid muscle. *Laryngoscope* 2006; 116:1027-32.
- 20) Paniello RC. Laryngeal reinnervation. *Otolaryngol Clin North Am* 2004;37:161-81.
- 21) Cohen SR, Thompson JW, Camilon FS Jr. Botulinum toxin for relief of bilateral abductor paralysis of the larynx: histologic study in an animal model. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1989;98:213-6.
- 22) Ongkasuwan J, Courey M. The role of botulinum toxin in the management of airway compromise due to bilateral vocal fold paralysis. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2011;19:444-8.