臨床耳鼻：第 27 卷　第 2 號　2016
J Clinical Otolaryngol 2016;27:213-217
□특　집□

성대마비와 성대부전의 병태 생리

울산대학교 의과대학 서울아산병원 이비인후과학교실
김지원 · 남순열

Pathophysiology of Vocal Cord Paralysis and Paresis

Ji Won Kim, MD and Soon Yuhl Nam, MD
Department of Otolaryngology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

서　론

성대 마비는 이비인후과 영역에서 비교적 빈번히 관찰되는 징후로서 성대마비가 초래되면 후두의 고유기능인 발성, 호흡, 하기도 보호기능에 문제를 야기시키는데, 특히 양측 성대 마비시에는 심각한 호흡장애를 유발시키고, 편측 성대 마비시에는 주로 발성의 질에 문제가 있는 애성을 호소하게 된다.[1] 성대 운동 장애의 용어를 세분화하면, Vocal paralysis(성대 마비)는 성대 운동의 완전 마비, vocal paresis(성대 부전)는 성대 운동의 불완전 마비로 나눌 수 있다.[2] 성대 마비나 성대 부전 환자를 치료하는데 있어서 병태생리에 대한 이해는 질병에 대한 이해 및 치료 계획, 예후 판정에 중요하다. 본문에서는 성대 부전 및 마비의 병태생리를 개략적으로 기술하고자 한다.

해　부

미주신경은 후두의 모든 운동 및 감각신경을 지배하는데 미주신경은 연수의 의핵(nucles ambiguous)에서 기시하며 부신경, 경정맥과 함께 경정맥공(jugular foramen)을 통과하며 두개골밖에서 절상신경절(Nodose ganglion)을 형성한다. 절상신경절 직하방에서 상후두신경이 미주신경에서 분지한다. 미주신경은 상후두신경을 분지한 후 경동맥 바로 외측에 인접하여 계속 하행하고 우측은 쇄골하동맥의 전방에서 분지하여 상행하고, 좌측은 종격동에서 분지하여 대동맥궁을 후방으로 감싼 후 우측과 같은 경로로 후두에 진입한다. 반회후두신경은 윤상갑상근을 제외한 후두내근의 운동을 지배하며 후두와 하인두의 감각신경을 지배한다. 비반회후두신경은 1,000명당 5명의 빈도로 생기며 윤상연골의 높이에서 미주신경으로 부터 분지하여 바로 후두로 들어가게 되는데 situs inversus 같은 경우를 제외하면 대부분 우측에 생기며 우측 식도후 쇄골하동맥을 동반한다.[3]

상후두신경은 내지와 외지로 분지되는데 내지는 구심신경을 포함하며 갑상설골막을 통과하며 이중 하향분지는 반회후두신경과 ansa galeni를 형성한다.

상후두신경의 외분지(external branch of superior laryngeal nerve)는 윤상갑상근(고음을 만드는 성대의 신장에 관여)과 하인두수축근에 원심신경섬유를 낸다.

원인 및 증상

성대 운동장애는 반회후두신경, 미주신경의 손상, 그 외 중추 운동신경장애, 윤상 피열 관절의 섬유화와 고정, 성대후방부의 유착, 후두내근으로의 종양침범, 심한 후두 부종 등에 의해서 나타날 수 있다.[4] 흥미롭게도 성

교신저자 : 남순열, 05535 서울 송파구 올림픽대호43길 88
울산대학교 의과대학 서울아산병원 이비인후과학교실
전화 : (02) 3010-3965 · 전송 : (02) 489-2773
E-mail : synam@amc.seoul.kr

대마비가 동일하게 있더라도 사람에 따라 목소리나 호흡곤란 등의 증상은 다양하게 나타난다. 소아와 성인에서의 증상과 원인은 다른데 소아의 경우 주로 중심보다 말초적 원인에 의해 일어난다. 심혈관계의 선천적 기형에 의한 수술 전/후, 흉강내 수술, 기관식도루, 출생시 손상 등에 인해 성대마비가 일어날 수 있고, 때로는 이유 없이 나타나기도 한다. 소아 성대마비의 임상적 증상은 천명보단 약한 기식성 울음과 수유 중 간혹 청색증이 나타날 수 있다.[2)]

일측 성대 마비는 일측의 성대를 움직이는 성대근육이나 성대신경의 기능소실로 인해 발생하는 성대의 부동상태로 원인으로는 일측 반회후두신경 마비, 피열연골 고정, 후연합 협착, 피열연골 탈구, 종양등이 있다. Rosenthal 등[4)]은 일측성 반회 후두신경 마비의 원인을 조사한 한 후향적 연구에서, 수술로 인한 의인성 원인(46%)이 가장 많으며, 원인미상이(18%), 악성종양(13%, 이중

Table 1. The etiology of vocal fold palsy

Neurologic	Stroke
	CNS tumor
	Diabetic neuropathy
	Amyotrophic lateral sclerosis (ALS)
	Parkinson disease
	Myasthenia gravis
	Guillain-Barre syndrome
Tumor infiltration or mass compression	Skull base, such as paraganglioma
	Thyroid : Thyroid malignancy, benign lesion, goiter
	Esophageal or lung, such as a malignancy
Systemic disease	Systemic lupus erythematosus
	Sarcoidosis
	Amyloidosis
	Tuberculosis
	Charcot-Marie-Tooth
	Mitochondrial disorders
	Porphyria
	Polyarteritis nodosa
Iatrogenic trauma : surgical	Thyroidectomy
	Anterior cervical spine procedures
	Esophagectomy
	Thymectomy
	Carotid endarterectomy
	Cardiothoracic surgery
Iatrogenic trauma : non-surgical	Endotracheal intubation- Arytenoid dislocation, subluxation, Tapia's syndrome
	Nasogastric tube placement
Non-iatrogenic trauma	Blunt or penetrating trauma to the neck
Medications	Vinca alkaloids (vincristine and vinblastine)
Possible infectious cause	Lyme disease
	Tertiary syphilis
	Epstein-Barr virus
	Herpes simplex virus Type I

폐암이 가장 많음), 기관 삽관 후 마비(4%), 감염(4%), 신경학적(3%), 외상(2%), 염증성 병변(2%) 기타(8%)의 비율을 보였다. 수술로 인한 의인성 원인에는 갑상선 수술(33%), 갑상선 이외의 수술(67%)로 척추수술 전방 접근(15%), 경동맥 수술(11%), 심장 수술(9%), 폐암(8%) 등이 포함되었다.[4] 이외에도 성대마비를 일으킬 수 있는 원인들은 다양하다(Table 1).

증상으로는 쉰목소리가 가장 흔하며 간혹 흡인이 발생한다. 후두 스트로보스코피 소견으로는 미세한 성대 움직임, 길이, 높이의 비대칭성이 있을 수 있으며 환측 성대의 파동이 건측 성대의 파동을 쫓아가는 양상을 보일 수 있고, 건측 성대의 진폭증가 및 긴장도 감소를 볼 수 있다.

병태생리

본문에서 다룰 성대마비의 병태생리는 성대마비의 원인 중 성대를 지배하는 신경의 손상에 초점을 맞춰 기술하려 한다. 1881년 발표한 성대마비의 Felix Selmon's law의 기본 개념은 성대의 외전근이 내전근에 비해 취약하다는 것이다.[5] 따라서 불완전마비에서는 마비된 성대의 위치가 정중위가 되나, 완전마비의 경우 부정중위가 된다고 설명하였다. 하지만, 후두를 지배하는 복잡한 신경 생리와 신경 손상 정도에 따라 다양한 변화를 보이고, 후두근전도로 이를 증명하게 되었다.

성대부전(Glottal insufficiency)

정상적으로 발성 전에 두 성대 사이 작은 성문틈이 존재한다. 성대 마비시, 성문틈에 기류가 지나치게 많이 새면서 와류가 형성되고 이는 높은 음도의 소음을 만들어 내게 된다.[6]

갑상피열근의 위축(Atrophy of the thyroarytenoid muscle)

Kobayashi 등은 동물실험으로 개의 반회후두신경을 10 mm 잘라서 재신경분포를 못하도록 근위부를 Sternothyroid muscle에 붙인후 4개월 후 후두를 채취하였는데, 마비된 쪽에서 갑상피열근의 위축을 보였고, vertical/lateral amplitude가 증가함을 알 수 있었다.[7]

성대연의 긴장력 감소(Lowered stiffness and tension of vocal fold)

정상적으로 갑상 피열근 수축시 성대 자유연이 볼록해지고, 수축이 없을 시 오목함을 유지한다. 그리고 윤상갑상근이 수축시 성대가 길어지고 내려가게 되는데, 성대 마비시 보상적으로 윤상갑상근이 강하게 수축하고, 동시에 갑상피열근은 제대로 수축을 못하고 긴장이 안되고 팽팽함을 함을 유지 못하여 여전히 오목한 면을 유지하고 있어 성문 틈이 생긴다. 이 틈으로 성문하압이 빠져나오면서 높은 음도의 가성이 나게 된다.[8]

성대 진동(Vocal fold vibration)

인간의 성대는 근육층(갑상피열근, 성대근)과 성대인대,그리고 점막(표피층과 고유층)으로 구성된다. 갑상피열근이 수축하면 성대를 내전시키고 높이를 낮춰주며 길이를 짧게 만들고 두껍게 해준다. 그러므로 덮개는 느슨해지고, 체부는 부피가 크고 견고해진다. 편측 성대 마비시 높이가 낮춰지지 않으므로 성대 내전을 유발하면 정상 성대보다 높게 위치하여 내시경상 높이 차이를 확인할 수 있다.[9] 또한 갑상피열근이 수축시 체부가 두터워지므로 점막파동이 일어나는 성대 자유연의 상하 구간이 길어지고 성대점막의 진동 시작점이 성대 자유연 하방으로 기관을 향해서 이동하므로 성대 진동파가 수직보다는 평행(전후) 진동을 더 잘하게 된다. 성대마비시 점막파동 구간은 짧고 점막파동 방향이 수직/수평 방향으로 골고루 분산되는 경향을 보인다. 성문이 충분히 닫히지 않으면, 발성할 때 양측 성대 진동이 일어나지 않는다. 이로 인해 음성은 기식성 쉰소리로 나타나며 흡인이 일어나기도 한다.

뿐만 아니라, 성대진동을 시작하기 위한 최소한의 성문하 기도 압력은 다음과 같은 수식을 따른다.[9]

$$Pth=(2T)(Bc)[X_1^2/(X_1+X_2)]$$

T는 성대의 두께를 말하며, B는 조직의 점막탄성상수, c는 점막진동속도, Xz, Xz는 Fig. 1에서 알수 있듯 성대의 아랫면 윗면 성대사이 길이이다(Fig. 1).

X_1가 커지면 소리를 내기 위한 최소 역치의 압력이 높아지게 되고 폐 흉곽이 피로가 빠지므로 갑상피열근의 재신경분포로 회복을 하려고 한다.

이환된 성대의 동조운동(Synkinetic movement of affected vocal fold)

신경의 손상정도는 생리적 신경차단(neurapraxia), 축삭절단(axonotmesis), 신경절단(neurotmesis)로 분류될 수 있으며, 생리적 신경차단은 신경초(nerve sheath)의 부분적인 손상으로 신경을 통한 전기전달이 일시적으로 저해를 받는 현상이므로 수일 또는 수주 후에 자연 회복 되는 경우가 대부분이다. 축삭절단은 축삭의 일부가 절단된 형태이며 다친 축삭이 지배하는 근육에서 wallerian degeneration이 일어나게 되며 확실한 마비증상을 일으키나 신경초가 유지되어 있어 축삭이 다시 자라 들어가서 수주내지 혹은 수개월 후에 신경재지배에 의해 근육의 마비가 풀릴 수 있다. 신경절단은 축삭 뿐만 아니라 신경초까지 완전히 절단되는 것이며 병변이 심한 경우에 신경재생이 되지 않아 지배 근육의 위축이 초래 될 수 있으며 동조운동(synkinesis)이 일어 날 수 있다. 반회후두신경에는 성대내전근으로 들어가는 신경섬유가 4:1의 비율로 불규칙하게 분포하는데, 신경의 재생이 일어날 때 종종 내전근과 외전근의 신경축삭이 비슷한 정도로 재생되어 동조운동이 일어나는 특성을 가지고 있다. 동조운동이란 의욕적인 운동에 뒤따르는 의도치 않은 움직임으로, 후두 동조운동이란 내전근 신경섬유가 외전근 신경섬유로 잘못 분포하게 될 때 일어난다.[9] 신경 손상 후 정상적인 성대 운동의 실패 원인은 다음과 같으며(Table 2), Crumley는 동조운동을 다음과 같이 분류하였다(Table 3).[10]

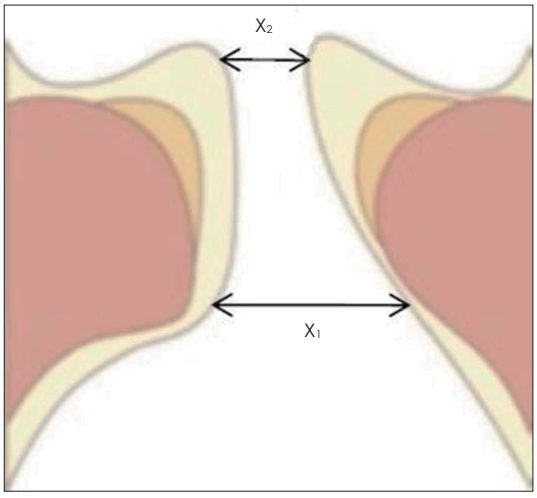

Fig. 1. Phonation without thryroarytenoid muscle contraction in unilateral vocal fold paralysis (Left : contracted vocal cord, Right : paralyzed side) (Adapted from Yumoto E, 2015. ref[9]).

마비된 성대의 위치와 임상증상에 영향을 줄 수 있는 요소로는 윤상갑상근 기능의 유무, 탈신경화된 근육의 위축과 섬유화의 정도, 윤상피열관절의 섬유화와 고정, 일측 마비시 피열간근의 기능 유무, conus elasticus의 탄성이 있으며 이러한 복합적인 요소와 상호작용에 의해 마비 위치가 결정된다.

Table 2. Possible causes of the failure of physiological vocal fold movement to recover after injury

1. Nerve fibers innervate antagonistic muscle fibers (i.e. abductor branch reaches adductor muscle fiber and vice versa).
2. A single nerve fiber innervates both adductor and abductor muscle fibers.
3. Nerve fibers regenerate into nerve sheathes of different nature (i.e. motor fiber to sensory or autonomic fiber and vice versa).
4. Nerve fibers fewer than the cranial side reach the myelin sheath on the distal side.
5. Laryngeal muscles degeneration (ie denervated muscles fail to recover sufficient muscle contraction even after reinervation).

Table 3. Crumley's classification of synkinesis

Type I	Immobile or poorly mobile VF and a satisfactory voice and airway (favorable)
Type II	Spasmodic VF that jerks, twitches or jumps with unsatisfactory voice and/or airway (unfavorable)
Type III	Hyperadducted VF with intermediate-tonormal voice. Airway impairment might be present (unfavorable)
Type IV	Hyperabducted VF with poor, breathy voice, no airway difficulty and possible aspiration (unfavorable)

VF : vocal fold

정상 성대의 보상(Over-adduction of normal vocal fold)

아급성기가 되면 반대측 성대가 보상작용을 하여 목소리의 질이 다소 호전된다. 발성하는 동안 이환되지 않은 정상 성대의 정중앙을 넘어서 보상하는과내전이 일어나 성문틈을 좁힌다고 알려져 있다.[11] 그러나, 일부 저자는 정상성대의 과내전의 효과는 발성 기능에 상대적으로 적은 영향을 준다고 주장하고 있다.[12]

양측성 성대마비

양측성대마비의 원인은 의인성이 가장 많으며, 특발성/기도삽관, 신경병증, 암전이, 외상 순이며 초기에는 성대간극이 크기 때문에 발성장애를 호소한다, 하지만 시간이 지남에 따라 기도가 좁아지며 천명이 동반되며 음성장애와 흡인은 호전되나 천명이 동반될 시에는 더욱 신중히 판단해야 한다.

양측성 성대마비를 평가하기 위해서 일측성 성대마비와 같이 후두경, 스트로보스코피, 근전도, 음성검사, 신경학적 평가, 폐기능 검사를 할 수 있다.

기도가 급속히 폐쇄되는 경우에는 기관절개술을 시행할 수 있으며 신경의 자발적 회복이 불가능 할 경우에는 성대횡절개술, 피열연골절제술, 성대측방고정술 등을 시행 할 수 있다.

결 론

쉰목소리와 기식성 호흡, 흡인을 보이는 환자를 만나면 후두경으로 성대의 움직임을 판단하고, 성대 진동 감소, 미세한 길이/높이의 비대칭성을 확인해야 한다. 환자의 나이에 따라 여러 원인을 추정해 볼 수 있는데, 소아의 경우 선천적 원인, 수술/출생 시 손상 등에 인해 성대마비가 흔하며, 성인은 의인성(수술 후)이 가장 많고 악성종양(폐암) 등이 있을 수 있다. 성대 마비시 생리적으로 성대의 진동은 감소 하고 갑상피열근은 위축되고 성대 긴장성이 감소하게 되고, 이를 보상하기 위해 동조운동이 일어나고 반대 정상 성대에서 과내전의 움직임이 일어나게 된다. 이상의 성대마비의 원인 및 병태생리를 잘 이해하고 접근한다면, 이후 치료 계획 및 예후 판정에 도움이 될 것이다.

중심 단어 : 성대마비 · 성대부전 · 반회후두신경 · 후두 동조운동.

REFERENCES

1) Kim KM, Cho JI, Choi HS, Kim YH, Hong WP. *The etiology & treatment of unilateral vocal cord paralysis: a 10-year review of 210 patients. J Kor Soc Logo Phoniat 1995; 6:27-38.*
2) Benjamin B. *Vocal cord paralysis, synkinesis and vocal fold motion impairment. ANZ J Surg. ANZ J Surg 2003;73 (10):784-6.*
3) O'Neill JP, Fenton JE. *The recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery. Surgeon 2008;6(6):373-7.*
4) Rosenthal LH, Benninger MS, Deeb RH. *Vocal fold immobility: a longitudinal analysis of etiology over 20 years. Laryngoscope 2007;117(10):1864-70.*
5) Blitzer A, Jahn AF, Keidar A. *Semon's law revisited: an electromyographic analysis of laryngeal synkinesis. Ann Otol Rhinol Laryngol 1996;105(10):764-9.*
6) Lucero JC. *Optimal glottal configuration for ease of phonation. J Voice 1998;12(2):151-8.*
7) Kobayashi J, Yumoto E, Hyodo M, Gyo K. *Two-dimensional analysis of vocal fold vibration in unilaterally atrophied larynges. Laryngoscope 2000;110(3 pt 1):440-6.*
8) Yumoto E, Kadota Y, Kurokawa H. *Thyroarytenoid muscle activity and infraglottic aspect of canine vocal fold vibration. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1995;121(7):759-64.*
9) Yumoto E. *Pathophysiology and surgical treatment of unilateral vocal fold paralysis: denervation and reinnervation. 1st ed. Tokyo:Springer;2015.*
10) Crumley RL. *Laryngeal synkinesis: its significance to the laryngologists. Ann Otol Rhinol Laryngol 1989;98(2):87-92.*
11) Yamada M, Hirano M. *Recurrent laryngeal nerve paralysis. a 10-year review of 564 patients. Auris Nasus Larynx 1983;10(Suppl):1-15.*
12) Yumoto E, Sanuki T, Minoda R, Kumai Y, Nishimoto K, Kodama N. *Over-adduction of the unaffected vocal fold during phonation in the unilaterally paralyzed larynx. Acta Otolaryngol 2014;134(7):744-52.*