

후두 근전도

이화여자대학교 의과대학 이비인후과학교실

정 성 민

= Abstract =

Laryngeal Electromyography

Sung Min Chung, MD

Department of Otolaryngology, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

서 론

후두 근전도(Laryngeal Electromyography, LEMG)는 후두의 전기 생리상태를 검사하는 것으로 다른 후두 검사에서는 알 수 없는 중요한 임상 정보를 얻을 수 있지만, 아직까지도 후두 근전도가 임상에서 적극적으로 이용되지는 못하고 있다. 그 이유는 과연 어떤 경우에 후두 근전도를 시행해야 되는지에 대한 보편화되고 규격화된 안내 지침(standard guideline)이 없고, 이비인후과 의사 중에 근전도 검사를 잘 시행할 수 있는 경우가 드물며, 검사와 판독의 정확성을 높이기 위해서는 신경과 의사와의 협진이 필요한 경우가 많고, 검사방법 자체가 어느 정도 침습적이기 때문에 음성장애가 있는 모든 환자에서 시행할 수 있는 선별검사(screening test)는 아니기 때문이다. 그러나 최근 후두근에 대한 치료목적의 성대주입술의 안내자(guide)로서 후두 근전도가 이용되기 시작하면서 이비인후과 의사들의 후두 근전도에 대한 이해가 높아져서, 성대마비 환자만이 아닌 다양한 음성장애 환자에서 음성질환을 좀더 정확하게 진단하고 예후를 측정하며, 치료 방법을 결정하는데 후두 근전도의 유용성이 점차 높아지고 있다.

후두 근전도의 역사

후두학 분야에서 과거 20년간 새로운 많은 진단 및 치료 장비들이 개발된 것에 비해 실제로 후두 근전도는 새로운

장비는 아니다. 후두 근전도는 1944년 Weddel 등¹⁾에 의해 처음 소개 되었고 1950년대와 1960년대에 유럽 및 일본에서 Faaborg-Anderson, Hiroto, Hirano 등²⁻⁴⁾이 후두 근전도의 임상적 적용에 대해 보고하고 있다. 미국에서는 그동안 임상적용보다는 동물실험에서만 이용되어 오다가 1970년대 말부터 Blair,⁵⁾ Miller 등⁶⁾에 의해 후두 근전도의 임상적용이 보고되기 시작하였다. 1980년대에 들어서는 연속성 음성장애 환자에서 후두내근에 보툴리눔 독소 주사시 주사부위를 결정하는데 후두 근전도를 이용하기 시작하면서 이비인후과 의사들의 후두 근전도에 대한 관심이 높아지기 시작하였다. 또한 컴퓨터화된 휴대용 후두 근전도 장비들이 개발되면서 이비인후과 의사들이 좀더 쉽게 후두 근전도를 임상에 응용할 수 있게 되었다. 최근에는 갑상선 수술이나 두개저수술시 반회후두신경을 보존하기 위해 유발 후두 근전도(evoked laryngeal electromyography)를 이용하는 것들이 보고되고 있다.⁷⁾

근전도의 전기생리

대부분의 이비인후과 의사들은 근전도의 전기생리와 근전도 소견을 판독하는데 익숙하지 않기 때문에 간단하게 근전도의 전기 생리와 정상 근전도 소견을 설명하도록 하였다. 후두근의 근활동이 일어나기 위해서는 우선 대뇌피질 운동 영역에 흥분이 발생하고 피질연수로를 거쳐서 의핵(nucleus ambiguus) 부위까지 자극이 도달한다. 여기에서 신경단위(neuron) 교환이 이루어진 다음, 다시 말초신경인 미주신경을 경유하여 후두 부위까지 흥분이 전달된다. 한 개의 운동 세포와 여기에서 시작되는 신경섬유 및 이것이 근내에서 갈라져서 지배하는 근섬유를 일괄하여 운동단위(motor unit)라고 하는데 한 개의 운동단위에 속하는 근섬유수는 근육에

책임저자 : 정성민, 158-710 서울 양천구 목동 911-1
이화여자대학교 의과대학 이비인후과학교실
전화 : (02) 2650-6163 · 전송 : (02) 2648-5604
E-mail : sungmin@mm.ewha.ac.kr

따라 상당한 차이가 있으며 후두근의 경우 30~250개 정도이다. 한 개의 운동단위에 속하는 근섬유의 수를 신경지배비(innervation ratio)라고 하며 정밀한 활동을 하는 근육일수록 그 수치가 작다. 중추로부터의 자극이 각 운동단위의 근섬유 부위에 도달하면 신경근 접합부(neuromuscular junction)에서 근섬유를 따라 흥분이 전달되고 여기에 수반하여 근막의 탈분극(depolarization)이 일어나서 활동전위(action potential)가 발생한다. 근전도는 근의 수축시에 발생하는 이 활동 전위를 세포의 전극에 의해 근전도 기계를 통해 기록한 것으로 이것을 통해 근 및 지배신경의 상태를 진단할 수 있다.

정상적으로 단일 운동단위가 활동하면 1~3상(phase)의 극과방전(spike discharge), 즉 운동단위 활동전위(motor unit action potential, MUAP) (Fig. 1)⁸⁾가 도출되며 근이 완전히 이완된 상태(rest)에서는 근방전이 기록되지 않는다. 정상 극과방전의 성질을 진폭, 지속시간, 파형으로 나타내는데 근전도는 세포의 전위이므로, 진폭은 전극에서부터 활동하고 있는 근섬유까지의 거리에 좌우되고, 진폭, 지속시간이 모두 도출범위의 넓이에 영향을 받으므로 엄밀하게 정상범위를 규정하는 것은 쉽지 않다. 그러나 보고에 의하면 후두내근의 운동단위 활동전위의 지속시간은 평균 4msec 정도이고 진폭은 평균 0.4mV 정도로 되어있다. 이 수치는 사지 근에서 일반적으로 보고되고 있는 수치에 비하여 모두 작다. 근의 수축이 강해지면 단일 운동단위 활동전위의 발사속도(firing rate)가 증가되며 후두내근의 경우 최고 발사속도는 50Hz 정도이다. 이때 방전빈도(discharge frequency)는 불규칙한 변동이 있다. 근수축의 강도가 강해지면 개개의 운동단위의 발사속도뿐 아니라 흥분하는 운동단위의 수가 증가하고 방전이 중첩되어 간섭전위(Interference potential)를 나타낸다. 이 파형은 복잡하여 그 파형에서 직접 개개 운동단위의 활동정도를 분별하기는 어렵지만 근활동의 정도를

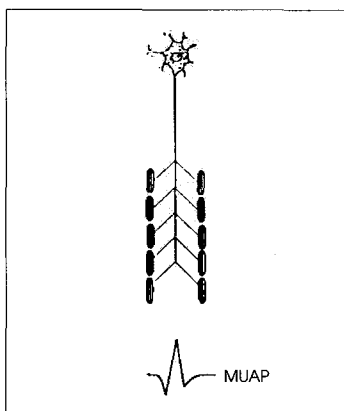


Fig. 1. The motor unit action potential (MUAP).⁸⁾

대강 추측하는 것은 가능하다.⁹⁾

후두 근전도의 판독 (Interpretation of LEMG)

침전극을 이용한 근전도 검사에서 판독에 중요한 3가지는 첫째, 근육이 완전히 이완된 상태에서 비정상 자발전위(abnormal spontaneous activity)가 나타나는지를 보고 둘째, 근육이 수의수축(voluntary contraction)을 할 때 유발되는 운동단위 활동전위의 파형과 간섭양상(interference pattern)을 관찰하며 셋째, 신경전도 상태를 검사하기 위해 유발 근전도를 시행하여 나타나는 복합운동활동전위(compound muscle action potential, CMAP)를 관찰하는 것이다.

1. 자발전위(Spontaneous activity)

근은 수의수축을 일으키지 않고 이완되어 있으면 전기적으로 조용해서 자발전위가 일어나지 않는다. 예외 두 가지는 종판잡음(end plate noise)과 삽입전위(insertional activity)이다. 종판잡음은 신경 접합부를 횡단하는 acetylcholine의 자발적 세포의 유출(spontaneous exocytosis)에 의해 나타나는 정상적인 방전(discharge)이다. 또한 삽입전위는 바늘이 근육을 찌를 때 근섬유가 수백 msec 동안 탈분극되어 발생하는 순간적인 방전(brief burst)이다. 이 두 가지를 제외한 이완된 상태에서의 모든 자발전위는 비정상적인 소견이다. 대표적인 비정상적인 자발전위로는 세동전위(fibrillation potential) (Fig. 2), 양성예과(positive sharp wave) (Fig. 3), 복합반복방전(complex repetitive discharge) (Fig. 4)이다. 이런 비정상적인 자발전위들은 하부 운동신경단위(lower motor neuron)의 탈신경 현상(denervation pattern)으로, 즉 근육이 이완된 상태에 있을 때 신경지배(neural control)를 받지 않는 개개의 근섬유의 자발방전(spontaneous firing)에 의한 것이다. 복합반복방전

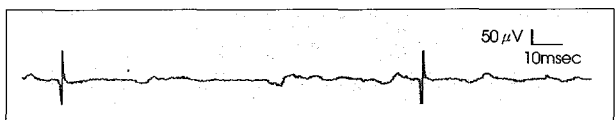


Fig. 2. Fibrillation potential.⁸⁾

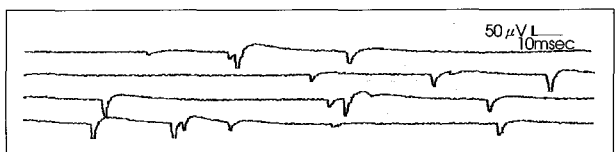


Fig. 3. Positive sharp wave.⁸⁾

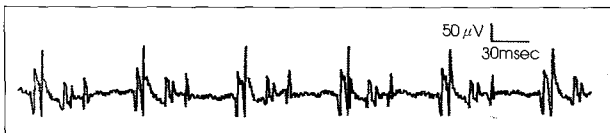


Fig. 4. Complex repetitive discharge.⁸⁾

은 단일 근섬유의 탈분극이 주변 신경지배가 제거된(denervated) 근섬유에 과급되어 생기는 것이다.

2. 운동단위 활동전위의 파형(morphology of MUAP)

이완된 상태에서 비정상 자발전위(abnormal spontaneous activity)가 나타나는지를 본 다음에는 근이 수의 수축할 때 운동단위 활동전위의 형태 변화와 수의 감소 정도를 관찰하게 된다. 운동단위 활동전위는 운동단위의 세포외 침근전도기록(extracellular needle EMG recording)으로 운동신경단위(motor neuron)가 역치(threshold)까지 탈분극되면 신경 활동전위(nerve action potential)가 만들어지고, 축삭(axon)으로 과급되게 되는데, 정상 근육에서는 운동단위의 모든 근들이 거의 동시에 방전되고 탈분극되어 운동단위 활동전위를 만들게 된다. 이런 운동단위 활동전위는 근육의 크기, 환자의 연령에 따라 다양하다.

보통 운동 단위 활동전위의 파형분석은 지속시간(duration), 진폭(amplitude), phases(spike 수)로 하게 되는데 보통 정상적인 운동단위 활동전위는 5~15msec의 지속시간, 100 μV~2V의 진폭과 2~4phases를 나타내게 된다.

신경병변(neurogenic lesion)이 있는 경우는 지속시간이 길어지고 진폭이 증가되고 다상성의(polyphasic) 파형이 관찰되는데 이런 파형은 신경재지배 양상(reinnervation pattern)으로 신경지배가 제거된 근섬유의 신경지배를 의미한다. 이런 파형은 정상적인 신경단위(intact neuron)로부터의 재생(sprouting)에 의해 생기는데 이러한 재생된 섬유(sprouting fiber)는 재생이 완료된 섬유(mature fiber)보다 느리게 전도되므로 적어도 5배 이상의 다상성의 전기반응을 만들게 되고 이런 다상성 전위는 신경재지배가 진행되고 있는 것(ongoing reinnervation)을 의미한다(Fig. 5).

신경섬유가 완전히 유수화(myelination)되고 정상적인 속도로 전도되면 이런 다상성이 없어지고 지속시간은 감소되나 각 운동단위가 많은 근섬유를 포함하므로 진폭이 큰 운동단위 활동전위, 즉 거대 운동단위 활동전위(giant MUAP)를 만들게 되는데 이런 활동전위는 안정상태로 회복된 오래된 손상을 의미하게 되며 더 이상 회복이 일어나지 않는 것을 의미하고 보통 손상 후 1~2년 정도에 나타나게 된다. 반면 근육의 병변이 있을 때는 지속 시간이 짧고 진폭이 작

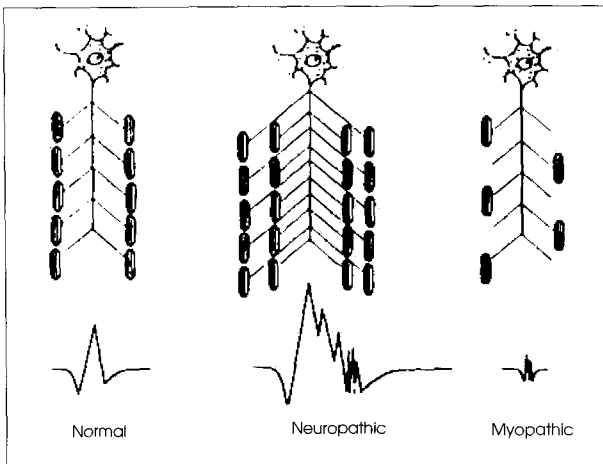


Fig. 5. Motor unit action potential(MUAP) morphologies. Normal MUAPs have two or four phases. In chronic neuropathic lesions that occur after reinnervation, the number of muscle fibers per motor unit increase, resulting in long-duration, high-amplitude, and polyphasic MUAPs. In myopathies or in neuromuscular junction disorders with block, the number of functional muscle fibers in the motor unit decreases. This leads to short-duration, small-amplitude, and polyphasic MUAPs.⁸⁾

으며 다상성의 활동전위가 나타나게 된다(Fig. 5).

3. 간섭양상(Interference pattern, firing pattern of MUAP)

이와 같이 수의 수축의 시작 초기에서 운동단위 활동전위의 파형을 관찰한 다음에는 수의수축의 강도를 증가시켜 하나 하나의 운동단위의 발사(firing)가 다음의 운동단위의 발사로 이어지면서 발사속도(firing rate)가 증가되고 힘이 증가되면서 더 많은 운동단위가 점중(recruitment)되어 간섭양상을 만들게 된다. 이런 간섭양상은 발사양상으로 정상에서는 최대한으로 수축(운동)할 것을 요구했을 때 아주 많은 운동 단위가 발사해서 각각의 운동단위 활동전위를 구별할 수 없는 상태로 나타나는 것이 정상적인 간섭전위이다(Fig. 6).

신경병변이 있을 때는 점중이 감소되어 불완전한 간섭전위를 일으키게 되며, 근병변이 있을 때는 정상적인 간섭전위를 나타내나 운동단위 활동전위가 근병변의 파형을 나타내게 된다(Fig. 6). 이와 같은 후두 근전도의 전기생리와 정상 및 이상 근전도 소견에 대한 기본 지식을 갖고 검사 결과를 판독하고 후두의 운동 장애를 진단하게 되는데, 후두 근전도에서 성대 운동장애의 진단 기준은 그 동안 이미 많은 문헌에서 보고가 되고 있다.¹⁰⁾ 보통 신경병변(즉, 성대부 전마비 또는 성대마비)의 진단은 점중양상이 감소하고, 운동단위 활동전위 진폭이 증가하거나, 다상성 운동단위 활동전위가 나타나면 가능하다. 아급성 과정(subacute process)은 신경지배제거가 진행되는(ongoing denervation) 증

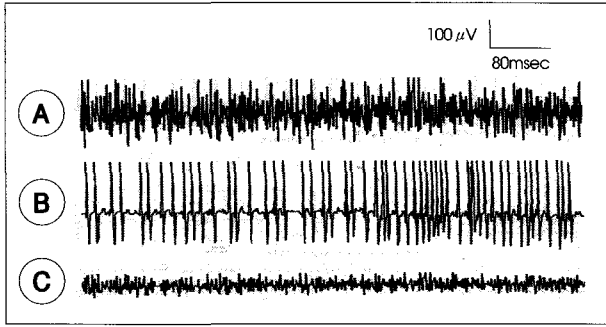


Fig. 6. Interference patterns. A : Normal. B : Neurogenic. C : Myopathic.⁸⁾

가 나타나면 진단이 가능하게 되는데 이런 진행성 신경지배제거는 세동전위, 양성예파, 복합반복방전 또는 다상성 운동단위 활동전위가 나타나려고 할때이다. 만약 신경병변의 증후가 있는데 이런 아급성 소견이 없으면 만성 신경병변 과정에 있는 것으로 진단하게 된다.

공동운동(synkinesis)은 갑상피열근을 수축시키는데 후윤상피열근에서 점증양상이 나타나거나, 후윤상피열근을 활동시키는데 갑상피열근에서 점증양상이 나타나게 되면 진단 가능하다.¹¹⁾

4. 유발 후두 근전도(Evoked laryngeal electromyography, neurography, nerve conduction study)

유발 근전도는 신경을 brief electrical pulse로 자극하여 발생하는 활동전위, 즉 운동반응(motor response)을 보는 것이다.

후두에서는 주로 반회후두 신경, 상후두 신경, 미주 신경 등을 자극 시 유발되는 근육의 활동전위를 보게 된다.

이때 자극하는 전기자극(electrical pulse)의 전류(current)를 0부터 서서히 증가시켜 전류를 증가시켜도 나타나는 근의 활동전위의 크기가 더 이상 커지지 않으면 밑에 있는 모든 신경섬유가 흥분되어(excite) 활동전위가 일어나는 것으로 보고 이 자극 역치의 25%를 더한 강도(supra-maximal stimulation)로 자극하게 되는데 이 때 기록되는 전위가 복합 운동 활동전위(compound muscle action potential, CMAP)이다(Fig. 7).⁸⁾

따라서 근전도 기록법에 자극장치를 조합시키면 후두의 유발근전도를 기록할 수 있는데, 자극은 반회신경 또는 상후두신경에 대해 가해지는 경우가 보통이지만 미주신경 자극이 행해지는 경우도 있으며 소리자극이나 빛자극, 3차신경자극 등을 사용하기도 한다. 자극은 극히 약한 자극에서 시작하여 유발파가 출현하기 위한 최소의 자극강도(최소역치) 및 유발파가 최대 출현하기 위한 최대역치를 측정한다. 정상 후두근인 경우 유발파는 2상성 또는 3상

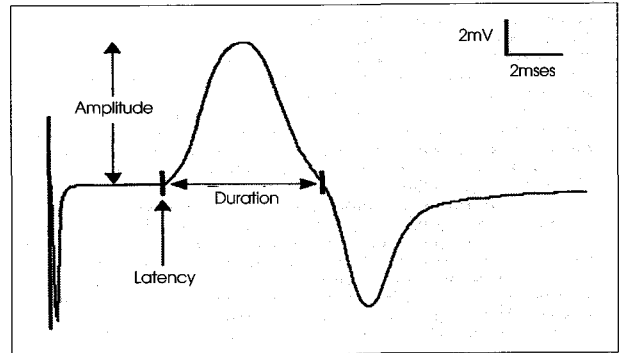


Fig. 7. Compound muscle action potential (CMAP).⁸⁾

성이며 반회후두신경자극인 경우 진폭 0.5~1.0mV, 지속시간 4~5msec, 잠시가 2~3msec이다. 상후두신경 자극인 경우에는 진폭이 0.2~0.4mV, 지속시간 6~7msec, 잠시가 16msec 정도이다.¹²⁾

그러나 상후두신경자극인 경우는 정밀하게 관찰하면 자극 직후 4~6msec의 잠시에서 직접운동을 통해서 나타나는 반응과 16~18msec의 잠시에서 상후두신경 내지에서의 의핵을 경유해서 나타나는 반응 2종류가 있다. 그리고 제2의 반응에 해당하는 전위는 22~24msec의 잠시에서 갑상피열근이나 후윤상피열근에서도 기록된다. 또한 자극역치 특히 최대역치의 상승도 신경장애의 정도를 진단하기 위한 지표가 된다. 또 유발파의 잠시는 그 자체로는 진단적 의의가 적지만 좌우를 비교할 경우나 청각후두반사계의 이상 등 후두와 다른 기관과의 관계를 검토하는 경우에는 극히 유용한 검사 수단이 된다.¹³⁾

후두근전도 검사방법(Technique of LEMG)

1. 후두근전도

근전도 및 유발 근전도 검사에 필요한 장비는 전극, 증폭장치, 기록장치, monitor oscilloscope, 확성기, 자극장치 등이다. 최근에는 여러 종류의 근전도 기계들이 상품으로 나와 있으며 근전도 signal을 continuous trace 또는 single sweep으로 기록할 수 있게 되어 있다.

후두근의 활동전위를 도출하기 위한 전극으로는 표면전극(surface electrode)과 침전극(needle electrode) 등이 사용된다. 표면전극은 모양, 재질, 크기 등이 매우 다양하고, 주석, 은, 납 등의 금속으로 만든 원판형이 많이 사용되며 피부표면에 부착하므로 환자에게 불편함이 없으나 전극과 피부사이의 저항이 문제가 되고, 부착면적이 넓어 주변 근육들의 전기 활동을 광범위하게 기록하여 개별적인 근운동 단위의 전위를 기록하지 못하는 단점이 있다. 침전극에는

단극 침전극(monopolar needle electrode), 단극 동심 침전극(monopolar concentric needle electrode), 쌍극 동심 침전극(bipolar concentric needle electrode), 유구 선전극(hooked wire electrode) 등이 있다.

이중 임상에서 주로 이용하는 것을 단극침전극으로 쌍극에 비해 가늘어서 덜 아프며 넓은 범위(larger scale)의 근육방전을 기록할 수 있으며 신경지배제거(denervation)가 초기에 감지되며 양성예파가 더 잘 감지되기 때문이다.

쌍극동심침전극이나 유구선 전극은 임상보다는 실험용으로 주로 사용되고 있다.

검사방법을 보면 환자는 양와위로 눕히고 목을 똑바로 놓게 하고 검사하기 쉽게 약간 신전시킨다. 대부분은 환자가 잘 견디기 때문에 특별히 진정시킬 필요는 없으나 만약을 대비해서 산소마스크와 기도처치 장비가 필요하다. 침전극 삽입 부위에 국소마취를 위해 1% lidocaine을 주기도 하나 국소 마취제가 근육에 삽입되면 근방전(muscle activity)에 영향을 줄 수 있기 때문에 주의해야 된다.

일반적인 후두 근전도 검사 대상은 반회후두신경지배의 갑상피열근과 상후두신경지배의 윤상갑상근이며 각각 좌우 양측을 검사하게 된다. 각각의 근육은 검사할때는 보통 한 근육당 3~5 부위를 검사하게 되고 개개의 운동단위 근처에 침전극이 위치한 것은 특징적인 바삭거리는 소리(crisp sound)와 작은 이상성(biphasic)의 운동단위 활동전위가 나타나는 것으로 알 수 있다. 이와 같이 침전극이 검사하기를 원하는 근육에 제대로 위치한 것을 확인한 다음에는 앞에서 서술한 바와 같이 삽입전위(insertional activity), 비정상 자발전위의 여부, 운동전위 활동전위의 진폭, 지속시간, 파형 등을 관찰하고 점증양상(recruit pattern), 공동운동(synkinesis)의 여부 등을 관찰해야 한다.¹¹⁾ 그러나 보통 이비인후과 의사는 운동단위 활동전위의 이상을 파악하는데 익숙하지 않기 때문에 점증양상의 평가로 보통 신경병변(neuropathy)의 여부를 진단하게 되는 경우가 많다. 이외에도 보통 발성 시작(onset of phonation)과 운동단위 활동전위가 나타나는 시간을 비교해 보게 되는데 이 때 저주파여과(low-frequency filter)는 20Hz에 고주파여과(high-frequency filter)는 10,000Hz에 놓는다. 삽입전위는 100~200msec의 sweep speed와 gain은 50 μ V로 한다. 보통 말하는 정도의 적당한 강도의 음성으로 발성하게 하면서 운동단위 활동전위의 파형, 진폭, 지속시간, 등을 보고 점증양상은 보통 100~200msec의 sweep speed와 200~250 μ V의 gain에서 평가한다. 검사하는 근육의 한군데 이상에서 이상소견이 나오면 진단적 의미가 있는 것으로 본다.

각각의 후두내근의 전극삽입 부위는 다음과 같다(Fig. 8).¹⁴⁾

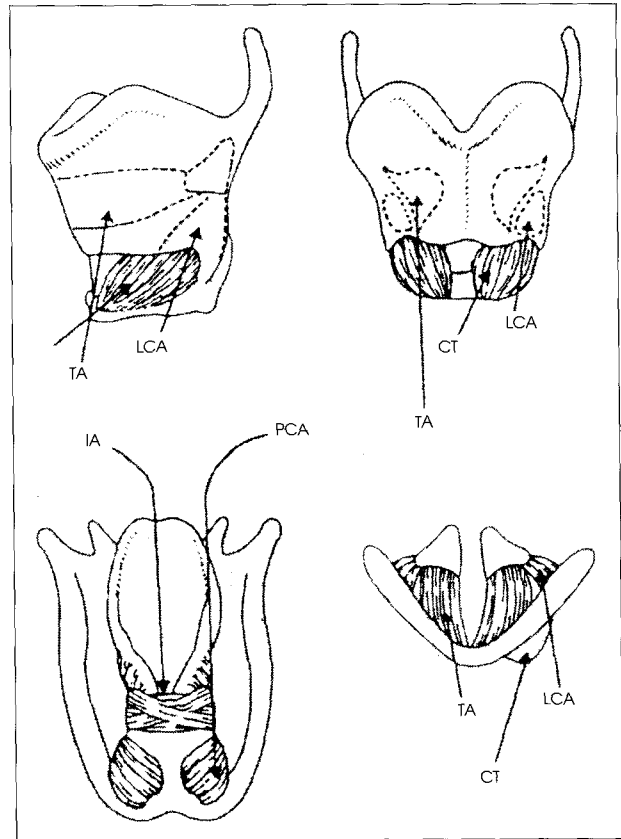


Fig. 8. Direction for insertion of needle electrode into thyroarytenoid (TA), cricothyroid (CT), lateral cricothyroid (LCA). Perioral route for electrode insertion into posterior cricoarythenoid (PCA) and interarythenoid (IA).¹⁴⁾

1) 윤상갑상근

윤상연골하연에서 정중으로부터 5mm 외측에 바늘을 삽입한 다음, 상외측방의 갑상연골 하결절을 향하도록 한다. 보통 1cm 정도 삽입하면 근내로 들어간다. 정상에서는 고음 발성을 시도하게 하면 현저한 방전을 얻는다. 반대로 연하 동작을 시키면 근활동이 억제되는 것으로 검증을 할 수 있다. 바늘 끝이 너무 얇으면 흉골갑상근에 바늘이 멈추게 되는데, 이때는 턱을 벌리거나 두부를 굴곡시키는 동작으로 현저한 활동상승을 볼 수 있다. 또 바늘이 너무 깊어서 측윤상피열근에 이르면 숨을 참거나 연하 등 성문을 닫는 동작에서 활동상승이 일어나는 것으로 구별을 할 수 있다.

2) 갑상피열근

윤상연골상연 정중에서 0.5cm 정도 외측에서 바늘을 삽입한 다음 환자에게 가볍게 숨을 참거나 저음 발성을 시키면서 바늘을 상외측 방향으로 찢어서 윤상갑상막을 뚫은 다음 바늘을 상방을 향해 바늘 끝의 깊이가 2 cm 정도 되도록 삽입한다. 정상적인 경우 저음의 발성, 숨참기, 연하 등의 동작에서 현저한 방전이 보인다. 경피적이 아닌 경구적이거나 또

는 굴곡후두경을 통해 전극을 삽입하는 경우는 성대를 관찰하면서 행하므로 특별히 검증할 필요 없다.

3) 측윤상피열근

삽입부위는 윤상갑상근의 검사시와 동일하며 그다음 바늘을 상측방으로 윤상갑상막을 통과하여 깊이 찔러 측윤상피열근에 도달시킨다. 검증은 갑상피열근과 마찬가지로 성문폐쇄의 동작에 의하여 근활동이 증가하는 것으로 확인될 수 있는데, 갑상피열근에서는 음성의 높이에 비례하여 근방전이 증감하는 경우가 많지만 측윤상피열근에서는 그러한 동작이 부족한 점이나 바늘끝의 위치 등으로 갑상피열근과 구별을 할 수 있다. 그러나 측윤상피열근은 임상적으로 갑상피열근과 분리하여 생각하는 의미가 그다지 크다고는 할 수 없어서 독립하여 검사하는 경우가 드물다.

4) 후윤상피열근

유일한 성문개대근이지만 이 근으로의 삽입은 용이한 편은 아니다. 경피적으로 접근은 엄지손가락으로 후두를 검사쪽으로 밀면서 바늘을 윤상갑상관절 후방에서 내상방으로 삽입하여 윤상연골에 있는 근육들을 통과하여 바늘을 위치시킨다. 검증은 발성과 짧고 깊은 흡기를 반복시키면서 흡기 때는 근활동이 증가하고 발성시는 억제되는 것으로 검증한다. 또는 경구적으로는 간접후두경하에 이상외전내벽의 점막을 뚫고 도달시키거나 또는 굴곡후두경 하에 삽입하는 방법도 있다.

5) 피열근

피열근은 양측성 신경지대로 임상적으로 마비의 검사대상으로서의 의의는 적다. 경피적으로는 전경부 중앙에서 윤상갑상막을 뚫고 바늘을 후두강내로 넣고 그대로 후상방으로 진전하여 피열근내에 삽입하거나, 경구적으로는 간접후두경하에서 양측 피열용기 사이의 중앙부에서 바늘을 삽입한다. 검증을 짧은 발성을 통해 검증될 수 있다. 발성기는 근활동이 증가하고 흡기시는 근활동이 억제된다.

2. 유발 후두 근전도

앞에서 설명한 후두 근전도 기록방법에 자극장치를 조합시키면 후두의 유발근전도를 기록할 수 있다. 자극전극은 직경이 80 μ m 정도의 가는 선(wire) 전극이 들어 있는 피하침인 단극침전극을 사용한다. 상후두신경을 자극하기 위해서는 이신경이 갑상설골막을 지나는 부위에 바늘이 위치하도록 설골의 대각과 윤상연골의 측방변연부를 연결하는 선상에서 윤상연골 용기부 위쪽으로 2.5cm 부위에 1cm 깊이로 음극전극을 삽입하거나 또는 표면전극으로 자극할

수도 있다. 이때 양극전극은 음극삽입부위 보다 상부에 위치시킨다. 반회후두신경을 자극하기 위해서는 윤상연골하연에서 밑으로 3cm 부위에 양극을, 음극을 윤상연골하연 밑으로 2cm 부위에서 기관벽을 따라 2.5cm 깊이로 삽입한다. 양극은 표면전극으로 대체할 수도 있다. 미주신경을 자극하기 위해서는 음극 및 양극을 흉쇄유돌근의 바깥쪽 변연부에서 2.5cm 깊이로 삽입한다(Fig. 9).¹²⁾ 이때 기록전극은 단극침전극을 상후두 신경 자극시는 윤상갑상근에, 반회후두신경 자극시는 갑상피열근에 각각 삽입한다. 자극파는 지속시간 0.2msec 정도의 단파형이 사용되며 침전극에서는 5~10mA 정도까지 또 표면전극에서는 10mA 내외의 전기자극이 사용된다.

후두근전도검사의 특별한 금기증은 없으나 출혈성 질환(bleeding disorder)이 있거나 후두수술에 의해 해부학적 구조가 변해 있거나 환자가 협조하지 않는 경우 시행하기 힘들다.

특별한 합병증은 경험하지는 않았으나 출혈, 감염 등의 합병증이 있을 수 있다.

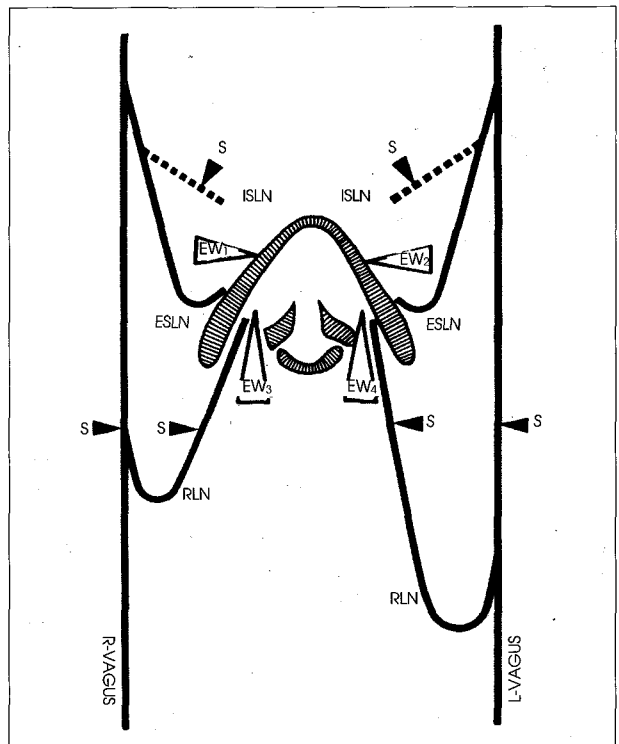


Fig. 9. Site of stimulation and recording electrode. ISLN : Internal branch of the superior laryngeal nerve. ESLN : External branch of the superior laryngeal nerve. RLN : recurrent laryngeal nerve. Arrow : Stimulation. EW₁ : Evoked waves induced from the right cricothyroid muscle. EW₂ : Evoked waves induced from the left cricothyroid muscle. EW₃ : Evoked waves induced from the right thyroarytenoid muscle. EW₄ : Evoked waves induced from the left thyroarytenoid muscle.¹²⁾

후두 근전도의 임상적 적용 (Clinical Applications of LEMG)

후두 근전도가 이비인후과에서 아직까지는 임상적으로 많이 이용되고 있지는 않았지만 특정 음성질환 특히 후두의 신경근 질환에서는 아주 유용하게 사용되고 있다.

1998년 Koufman 등¹⁵⁾은 후두 근전도의 임상적인 중요한 적응증을 성대마비에서 병변 부위 검사와 예후 측정, 성대고정과 성대마비의 감별, 성대부전의 진단, 기타 후두의 신경질환 및 운동장애의 진단, 보툴리눔 독소 주사시 주사부위의 결정 등으로 보고하고 있다.

그 외에도 최근에는 갑상선수술이나 두개저 수술시 반회 후두신경의 유발 근전도를 이용하여 반회후두신경을 보존하는데 이용되기도 한다.⁷⁾

1. 성대 마비

성대 마비가 있을 때 후두 근전도 및 유발 후두 근전도를 시행함으로써 병변 부위를 확인하고, 예후를 측정하여 치료 방법 및 시기를 결정할 수 있으며, 성대의 운동장애(immobility)가 성대 마비에 의한 것인지 성대 고정에 의한 것인지를 감별할 수 있다.

1) 병변부위 검사(Site of lesion testing)

임상적으로 상부미주신경(high vagal nerve) 마비인 경우 반회후두신경 마비보다 좀 더 흡인(aspiration)이 잘되고 기식성 발성(breathy phonation)이기는 하지만 임상적인 소견만으로는 진단이 어렵다. 이 때 후두근전도는 병변부위를 감별하는데 가장 합리적인 검사방법이다.

2) 예후측정

반회후두신경 마비에서 후두 근전도의 예후 측정에 대한 유용성은 비교적 잘 알려져 있다. 그러나 아직 후두 근전도의 표준화된 정량적인 평가 방법이 정해지지 않았기 때문에 보고자들마다 주관적인 요소가 강하기는 하지만 여러 보고

자들이 후두 근전도로 예후를 예측하는 기준들을 제시하고 있다.

1998년 Peak Woo¹⁶⁾는 반회후두신경 마비의 예후를 불량(poor), 중간(intermediate), 우수(excellent)로 분류하였다.

후두 근전도에서 세동전위 및 양성예과 등 탈신경 전위(denervation potential)이 보이고 수의적 수축에서 수의 방전을 볼 수 없는 상태(electrical silence)면 예후가 불량한 것으로 분류하고 이런 경우는 후두 기능이 돌아올 가능성이 없으므로 조기에 제1형 갑상성형술(medialization thyroplasty), 피열연골내전술(arytenoid adduction) 등의 영구적인 처치(permanent procedure)를 해야된다고 하였다. 후두 근전도에서 거대다상성전위(giant polyphasic potential)가 보이고 수의적 수축 시 점중(recruitment)이 거의 없어 간섭전위(interference potential)가 거의 나타나지 않는 경우는 중간 예후로 분류하였고 이런 경우는 신경지배과정(innervation process)이 아직 완성되지 않은 상태로 성대 주입술 등으로 치료하면서 3~6개월 후 후두 근전도의 반복 검사가 필요하다고 하였으며, 수의 수축 시 작은 다수의 운동단위 활동전위(multiple MUAP)가 보이고 점중이 감소되어 간섭양상이 불완전한 경우는 예후가 우수한 것으로 분류하고, 이런 경우는 부분적으로 신경지배(innervation)된 후두로 재생(regeneration)이 진행되고 있으므로 마비가 좀 더 개선될 가능성이 있다고 하였다.

한편 Koufman 등¹⁵⁾도 후두마비에서의 후두 근전도 소견은 5가지로 분류하여 각각의 상태에 따라 치료 방법 및 시기를 제시하고 있다(Table 1).

3) 성대 고정과 성대 마비의 감별

성대 마비가 있는 경우는 후두 근전도상 탈신경(denervation) 또는 재생전위(regeneration potential)가 보이므로 신경학적인 검사가 필요하고 윤상피열관절의 고착이나 심인성 장애에 의한 성대 고정인 경우는 정상적인 후두 근전도 소견을 보이므로 감별할 수 있다.¹⁶⁾

Table 1. Classification of EMG findings in laryngeal paralysis.¹⁵⁾

Class	Spontaneous activity	Recruitment of motor units	Individual motor unit morphology	Interpretatio(prognosis)
I	Absent	Normal	Normal MUPs	Normal
II	Absent	Reduced	Nascent polyphasic MUPs	Reinnervation*
III	Absent	Reduced	Giant polyphasic MUPs	"Old injury" [†]
IV	Present	Reduced	Polyphasic MUPs	"Equivocal" [‡]
V	Present	Absent	Fibrillations, myokymia, etc.	Denervation

*: Low-amplitude("tiny", "nascent") complex polyphasic MUPs indicate ongoing reinnervation, †: High-amplitude("gaint") polyphasic MUPs indicate an old injury that is "finished" regenerating, i.e., further recovery is not expected, ‡: In this equivocal situation, the EMG may indicate ongoing denervation, partial recovery, or both; polyphasic MUPs may vary in morphology and size from "nascent" to "gaint". MUPs: Motor unit potentials

임상에서 편측 또는 양측의 성대 운동 장애가 있는 경우 일단 성대마비로 의심되어 후두 근전도를 시행하나 후두 근전도 소견이 정상인 경우는 마비가 아닌 성대 고정으로 진단해야 하는데 마비가 없이 성대가 고정된 상태를 Koufman¹⁵⁾은 가마비(pseudoparalysis)라고 명칭하였으며 이런 가마비가 있을 때 감별해야 할 질환으로는 인후두역류나 류마티스성 관절염 등에 의한 염증, 경부외상, 기관지 삽관술에 의한 외상, 피열연골 탈구가 동반 또는 동반되지 않은 장시간의 기관지 삽관, 잠재성 후두암(occult laryngeal malignancy) 등이 있고 이들 진단들을 감별하기 위해서는 위식도역류검사, 후두의 컴퓨터 단층촬영, 전신마취하에서 피열연골의 수동운동검사(passive mobility test)를 시행하여야 한다고 하고 있다.

2. 성대부전마비(Vocal fold paresis)

성대 운동 부전마비는 비교적 흔한 질환이지만 간과되거나 쉬운 질환으로 후두경에 의한 검사만으로는 진단하기 힘들고 후두 근전도를 통해 확진 될 수 있다.

특히 굴곡형 후두경 및 후두 스트로보스코피 만으로는 진단하기 힘든 미세한 후두의 신경근 질환에 의한 성대부전마비가 후두 근전도 등으로 확진이 되면 정확한 치료 시기 및 방법을 결정하는데 도움이 된다. 임상에서 성대부전마비는 대부분 보상작용에 의한 과기능성 음성장애(hyperfunctional voice disorder)를 지니고 있기 때문에 근긴장성 음성장애의 양상을 나타내게 된다. 실제로 임상에서 심한 성문상부 수축이 보이는 후두의 과운동성은 기능성 음성장애인 근긴장성 음성장애에서와 같이 일차적으로 생기기도 하지만 어떤 원인으로 간에 성문폐쇄가 잘 안되는(glottic closure abnormality) 기질적 음성질환에서 이차적으로 발생할 수 있다. 따라서 성대마비와 같이 명백하게 성문 폐쇄가 잘 안되는 경우나 성대결절, 폴립 등 성대에 기질적 장애가 있는 경우 보상작용에 의한 근긴장 양상(muscle tension pattern)은 쉽게 진단 가능하지만, 미세한 신경근 질환에 의한 성대부전마비인 경우는 성대운동 저하가 현저하지 않고 성문폐쇄부전이 뚜렷하지 않으므로 일차적으로 발생한 기능적 음성장애인 근긴장성 음성장애로 진단하기 쉽다. 이런 경우 후두 근전도를 시행함으로써 성대부전마비와 근긴장성 음성장애를 확실하게 감별 진단할 수 있다.

2000년 Koufman¹⁸⁾은 성대부전마비로 진단된 50명의 후두근전도 소견에서 편측 또는 양측의 반회후두신경 또는 상후두신경의 신경병변(neuropathy)이 관찰되었다고 보고하고 있다. 이런 성대부전마비의 원인은 자발발생적(idiopathic)이거나, 바이러스 감염 후에 또는 의사의 진료행위

(iatrogenic)에 의한 것으로 보고하면서 이들의 성대 소견은 성대운동저하(vocal fold hypomobility), 편측궁상성대(unilateral vocal fold bowing), 양측궁상성대(bilateral vocal fold bowing) 등으로 나타났고 증상은 음성장애(dysphonia), 음성피로(vocal fatigue), 이중음성(diphonia) 등으로 보고 하고, 이들 환자 중 54%가 성대성형술(laryngoplasty), 성대주입술등으로 85%에서 음성이 좋아진 것으로 보고하고 있다.

Heman-Ackah 등¹⁹⁾도 경미한 성대운동저하에 의한 음성장애와 음성피로가 있는 환자 22명에 대해 후두 근전도를 시행한 결과 19명(86.4%)에서 후두 근전도 상에서 신경병변이 있는 것으로 진단되어 성대부전마비로 확인되었다. 이상의 보고와 같이 임상에서 일차적 또는 이차적인 근긴장성 음성장애로 진단되고 음성치료로 호전되지 않는 경우, 후두 근전도를 시행함으로써 성대 근육의 미세한 신경근 질환이 있는지를 감별해 보는 것이 필요하다.

3. 신경질환의 진단(Diagnosis of neurologic disease)

후두 근전도의 중요역할이 후두의 신경근 질환을 진단하고 감별하는 것이기 때문에 후두의 신경 질환을 진단하는데는 아주 유용하다. 특히 후두의 운동 신경 질환(motor neurological disorder)을 진단하고 예후를 측정하는데 도움이 된다. 다양한 상부, 하부 또는 분류되지 않은 신경병변이 후두에 발생할 수 있는데 그 중 대표적인 신경질환으로 다음과 같은 것이 있다.

1) 연축성 음성장애(Spasmodic dysphonia)

연축성 음성장애의 후두 근전도 소견은 아직 논란이 있다. Blitzer 등²⁰⁾²¹⁾은 연축성 음성장애는 일종의 후두근이소증(laryngeal dystonia)으로 휴식상태에서는 정상적인 전기적 전위(electrical activity)를 보이나 발성시에는 갑상피열근에서 경련성 점증(spastic recruitment)이 나타나고 외전 근이소증(abductor dystonia)에서는 음성이 나오지 않을때(non-voiced speech) 후윤상피열근에서 초기에 잠깐 또는 지속적인 경련성 점증이 보이고, 혼합성 근이소증에서는 외전근, 내전근 모두에서 같은 양상이 관찰된다고 하였다.

그러나 때로는 말하거나 특정한 후두 위치에서 후두 근전도의 불수의적 발사(involutary burst)에 의해 진단되기도 하는데 이런 불수의적 경련(involutary spasm)의 발사(firing)는 연축성 음성장애와 다른 근긴장성 음성장애(muscle tension dysphonia)나 전환장애(conversation disorder)를 감별할 수 있게 한다. 그러나 이런 소견이 항상 나타나는 것이 아니고 대부분의 연축성 음성장애 환자에서

정상적인 방전(activity)과 점중(recruitment)을 보인다. 따라서 후두 근전도와 다른 음성 검사를 시행함으로써 연축성 음성장애를 좀더 정확하게 진단할 수 있다.

2) 성대진전(Vocal tremor)

성대 진전은 휴식상태에서 율동성 점중(rhythmic recruitment)이 관찰되고 발성을 지속시키면 더 강하게 나타난다. 이러한 율동성은 성대 진전의 특징적인 증상으로 불안증, 근긴장 등으로 인한 진전은 이와 같은 율동성이 나타나지 않는다.²²⁾

3) 기타 신경 질환

이외에도 항암약물치료 또는 독성화학물질의 노출에 의한 다발성신경병(polyneuropathy), 근위축성 측삭경화증(amyotrophic lateral sclerosis), 파킨슨 증후군(Parkinson's disease), 근무력증(myasthenia gravis) 등의 신경 질환이 발병초기에 후두를 침범할 수 있으며 이런 경우 후두 부전마비에 의해 음성장애가 나타날 수 있다. 이 때 후두 근정도가 이들 질환의 진단에 확진은 아니지만 다른 전신적인 임상증후와 함께 진단에 도움이 될 수 있다.

1. 보툴리눔독소 주사시 주사부위 결정(Needle localization for botulinum toxin injections)

최근 후두 근전도가 이비인후과에서 가장 유용하게 사용되는 분야로 보툴리눔 독소 주사시 후두 근전도상 가장 불수의적 근활동이 심하고 비정상적인 점중(recruitment)이 있는 부위를 골라 보툴리눔 독소를 주사할 수 있다.

결 론

후두 근전도가 임상적인 유용성에 비해 아직까지 이비인후과에서 활발하게 이용되지 못하고 있었지만 정확한 적응증과 후두 근전도의 판독 방법을 알고 시행한다면 성대 운동장애에 의한 음성장애를 진단하고 예후를 예측하고 치료 방법 및 시기를 결정하는데 큰 도움이 되리라 사료된다.

중심 단어 : 후두 근전도.

REFERENCES

1) Weddel G, Feinstein B, Pattle KE. *The electrical activity of voluntary muscle in man under normal and pathological conditions. Brain* 1944;67:178-257.
 2) Faaborg-Anderson K. *Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans. Acta physiol* 1957;41:1-149.

3) Hiroto I, Hirano M, Tomita H. *Electromyographic investigation of human vocal cord paralysis. Ann Otol Rhinol Laryngol* 1968;77:296-304.
 4) Hirano M, Ohala J. *Use of hooked-wire electrode for electromyography of the intrinsic laryngeal muscles. J Speech Hear Res* 1969;12:361-73.
 5) Blair RL, Berry H, Briant TD. *Laryngeal electromyography-technique, applications, and a review of personal experience. J Otolaryngology* 1977;6:496-504.
 6) Miller RH, Rosenfield DB. *The role of electromyography in clinical laryngology. Otolaryngol Head Neck Surg* 1984;92:287-91.
 7) Yarbrough DE, Thompson GB, Kasperbauer JL, Harper CM, Grant CS. *Intraoperative electromyographic monitoring of the recurrent laryngeal nerve in reoperative thyroid and parathyroid surgery. Surgery* 2004;12:1107-15.
 8) Preston DC, Shaphiro BE. *Electromyography and Neuromuscular Disorders. Boston: Butterworth-Heinemann;1998. p.191-206.*
 9) Shapiro BE, Katirji B, Preston DC. *Clinical electromyography. In Katirji B, Kaminski HJ, Preston DC, Ruff RL, Shapiro BE. Editors. Neuromuscular disorder in clinical practice. Butterworth-Heimann; 2002. p.80-140.*
 10) Lovelace RE, Blitzer A, Ludlow CL. *Clinical laryngeal electromyography. In: Blitzer A, Brin MF, Sasaki CT, Fahn S, Harris KS, Editors. Neurogenic disorders of the larynx. New York: Thieme Medical Publishers;1993. p.66-81.*
 11) Heman-Ackah YD, Barr A. *The value of laryngeal electromyography in the evaluation of laryngeal motion abnormalities. Journal of voice. 2005; Archive in press.*
 12) Satoh I, Shi N. *Evoked electromyographic test applied for recurrent laryngeal nerve paralysis. Laryngoscope* 1978;88:2022-31.
 13) Steiss JE, Marshall AE. *Electromyographic evaluation of conduction time and velocity of recurrent laryngeal nerves of clinically normal dogs. Am J Vet Res* 1998;49 (9):1533-36.
 14) Hirose H. *Laryngeal and pharyngeal fuction. In: Cummings CW, Fredrickson JH, Harker LA, Krause CJ, Schuller DE, editors. Otolaryngology-Head and Neck Surgery. 3rd ed. St.Louise: Mosby Year Book;1998. p.1834-94.*
 15) Koufman JA, Walker FO. *Laryngeal electromyography in clinical practice: indications, techniques, and interpretation. Phonoscope* 1998;1 (1):57-70.
 16) Woo P. *Laryngeal electromyography is a cost-effective clinically useful tool in the evaluation of vocal fold function. Arch otolaryngol Head Neck surg* 1998;124:472-5.
 17) Rontal E, Rontal M, Silverman B, Kileny PR. *The clinical differentiation between vocal cord paralysis and vocal cord fixation using electromyography. Laryngoscope* 1993;103:133-40.
 18) Koufman JA, Postima G N, cummings MM, Blalock P. *Vocal fold paresis. Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 2000;122:537-41.
 19) Heman-Ackah YD, Barr A. *Mild vocal fold paresis: Understanding clinical presentation and electromyographic findings. Journal of voice* 2005;Articles in press.
 20) Blitzer A, Brin MF, Fahn S, Lovelace RE. *Clinical and Laboratory characteristics of focal laryngeal dystonia: study of 110 cases. Laryngoscope* 1988;93 (6):636-40.
 21) Blitzer A, Lovelace RE, Brin MF, Fahn S, Fink ME. *Electromyographic findings in focal laryngeal dystonia (spastic dysphonia). Ann Otol Rhinol Laryngol* 1985;94:591-4.
 22) Sataloff RT, Mandel S, Rosen DC. *Neurologic disorders affecting the voice in performance. In: Sataloff RT, ed. Professional voice: The science and Art of clinical care. 2nd ed. San Diego, CA: Singular publishing Group, Inc;1997;479-98.*