

진단적 후두근전도

이화여자대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실

정 성 민

= Abstract =

Diagnostic Laryngeal Electromyography

Sung Min Chung, MD

Department of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, Graduate School of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

Diagnostic laryngeal electromyography (LEMG) relatively evaluates the electrophysiologic status of the larynx and provides critical clinical informations that no other tests can provide. However, LEMG is still not widely applied as a routine tool in clinical practice. One reason for this is the technical and interpretative difficulties of LEMG. But if LEMG is performed by a team approach consisting of an otolaryngologist and a neurologist, the technique and the interpretation of LEMG are not difficult to master. Another reason is that there is still not exact standard guideline for clinical application of LEMG. LEMG is an essential diagnostic test in evaluating patients with neuromuscular disorders, particularly vocal fold immobility, reduced mobility of vocal fold. The more we have used LEMG, the more we have found it useful in the evaluation and treatment of voice disorders, and the role of LEMG will be extended.

KEY WORD : Laryngeal electromyography.

서 론

진단적 목적의 후두근전도는 후두의 전기 생리 상태를 검사하는 것으로 후두의 신경근 질환 특히 후두운동장애에 대해 다른 어떤 후두검사방법 보다도 임상적으로 가장 중요한 정보를 주지만 아직까지는 이비인후과에서 임상적으로 활발하게 이용되지는 못하고 있는 실정이다. 그 이유는 진단적인 목적으로 후두근전도를 익숙하게 할 수 있는 이비인후과 의사가 드물고, 또한 어떤 후두질환에서 후두근전도 검사가 필요한지에 대한 규격화된 안내 지침(standard guideline)이 없기 때문인 것으로 생각된다.

최근 근전도 및 전기진단의학 분야가 많이 발전됨에 따라 신경과와 재활의학과 의사들이 근전도 검사 및 판독에 대한 관심이 높아지고 경험이 많아졌으나 후두근에 대한

근전도 검사는 해부학적인 접근이 비교적 어려운 편이어서 많이 시행되지 못하고 있다. 따라서 후두의 해부를 잘 알고 익숙한 이비인후과 의사가 후두근에 침전극을 꽂고 신경과 또는 재활의학과 의사가 근전도 기계를 작동하고 판독한다면 검사와 판독의 정확성을 높일 수 있다고 본다. 그동안 어떤 후두질환에서 후두근전도검사가 진단 및 치료에 도움이 되는지에 대해서는 여러 문헌에서 보고되어 왔으며, 실제로 후두근전도가 임상에서 진단에 도움이 되고 유용하게 사용할 수 있는 후두질환들에 대해 관심을 갖는다면 임상에서 후두근전도의 유용성은 좀 더 확대되리라 본다.

1. 검사장비

진단적 목적의 후두근전도를 하기 위해서는 보통 동시에 여러개의 channel에서 전기신호를 기록할 수 있는 simultaneous multi-channel recording system의 근전도 기계를 사용하고 있다. 후두근 검사에 사용되는 전극은 침전극과 표면전극이다. 침전극에는 단극, 쌍극, 유구선 전극 등 여러 종류가 있으나 후두근전도 검사에는 단극 침전극이 주로 사용된다. 단극 침전극은 360° 원안의 활동전위를 기록하므로 넓은 범위의 근육방전을 기록할 수 있고, 탈신경 현상이 초기에 감지되며 양성 예파가 더 잘 감지된

논문접수일 : 2008년 9월 1일
심사완료일 : 2008년 10월 21일
책임저자 : 정성민, 158-710 서울 양천구 목6동 911-1
이화여자대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실
전화 : (02) 2650-6163 · 전송 : (02) 2653-5135
E-mail : sungmin@ewha.ac.kr

다. 또한 쌍극에 비해 가늘어서 덜 아프고 조직손상이 적으며 자극도 더 잘되고 가격이 싸기 때문에 임상에서 주로 이용되고 있다. 반면 쌍극이나 유구선 전극은 실험실에서 주로 사용되고 있다. 접지전극(ground electrode)과 기준전극(reference electrode)으로는 표면전극을 사용한다.

2. 검사방법

환자를 양와위로 눕히고 목을 약간 신전시킨 다음 윤상갑상공간의 피부를 2% Xylocaine으로 국소마취 시킨 다음 각각의 후두근에 전극을 삽입하게 된다.

임상에서는 주로 윤상갑상근과 갑상피열근만을 검사하고 공동운동을 확인하거나 외전형의 연속성 음성장애의 진단을 위해 간혹 후윤상 피열근을 검사하며 측윤상 피열근과 피열근은 임상적 의의가 없어 시행하지 않는 경우가 대부분이다. 전극이 피부를 뚫고 각각의 후두근에 삽입되는 위치와 방향 및 검증 방법은 다음과 같다(Fig. 1).

1) 윤상갑상근

윤상연골상연에서 정중으로부터 5mm 외측에 바늘을 삽입한 다음, 상외측방의 갑상연골 하결절을 향하도록 한다. 보통 1cm 정도 삽입하면 근내로 들어간다. 정상에서는 고음발성을 시도하게 하면 현저한 방전을 얻는다. 반대로 연하동작을 시키면 근활동이 억제되는 것으로 검증을 할 수 있다. 바늘 끝이 너무 앞으면 흉골갑상근에 바늘이 멈추게 되는데, 이때는 턱을 벌리거나 두부를 굴곡 시키는 동작으로 현저한 활동상승을 볼 수 있다. 또 바늘이 너무 깊어서 측윤상피열근에 이르면 숨을 참거나 연하 등 성문을

을 닫는 동작에서 활동상승이 일어나는 것으로 구별을 할 수 있다.

2) 갑상피열근

윤상연골상연 정중에서 5mm 정도 외측에서 바늘을 삽입한 다음 환자에게 가볍게 숨을 참거나 저음 발성을 시키면서 바늘을 상외측 방향으로 쥘러서 윤상갑상막을 뚫은 다음 바늘을 상방을 향해 바늘 끝의 깊이가 2cm 정도 되도록 삽입한다. 정상적인 경우 저음의 발생, 숨참기, 연하 등의 동작에서 현저한 방전이 보인다. 경피적이 아닌 경구적이거나 또는 굴곡후두경을 통해 전극을 삽입하는 경우는 성대를 관찰하면서 행하므로 특별히 검증할 필요 없다.

3) 후윤상피열근

유일한 성문개대근이지만 이 근으로의 삽입은 용이한 편은 아니다. 경피적으로의 접근은 엄지손가락과 검지, 장지로 후두를 잡고 검사하는 방향으로 밀어 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 간접 후두경하에 이상외전내벽의 점막을 뚫고 도달시키거나 또는 굴곡후두경 하에 삽입하는 방법도 있다.

3. 판 독

일반적으로 근전도는 4부분으로 나누어서 관찰하고 판독하게 된다. 제일 먼저 침전극이 근육을 찌를 때 발생하는 삽입전위를 보고, 다음 근육을 완전히 이완시킨 휴식상태에서 비정상 자발전위가 있는지를 관찰한 후, 근육을 약하게 수의수축시키면서 발생하는 운동단위 활동전위의 형태변화를 관찰한 다음, 근육을 최대한도로 수의수축시키면서 발생하는 간섭양상을 관찰하게 된다.

1) During insertion

삽입전위는 침전극이 근육을 찌를 때 근섬유가 수백 msec 동안 탈분극되어 발생하는 순간적인 짧은 방전으로 정상적인 전위이다(Fig. 2).¹⁾

그러나 지속시간이 300msec 이상 지속되면 신경병변

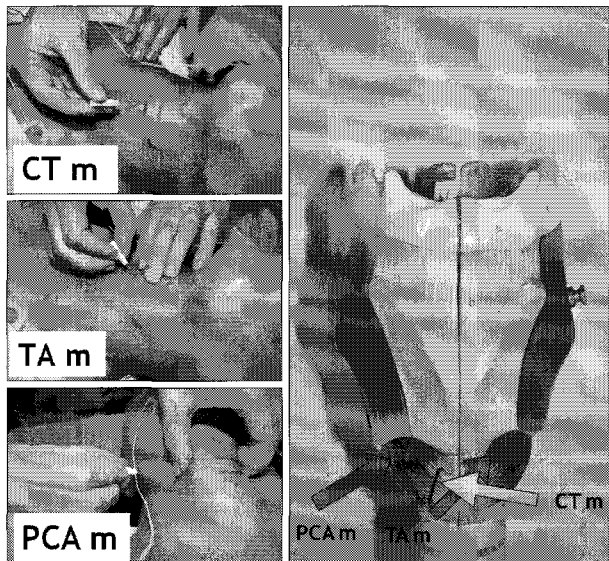


Fig. 1. Directions for insertion of needle electrodes into cricothyroid(CT) muscle, thyroarytenoid(TA) muscle, posterior cricoarytenoid(PCA) muscle.

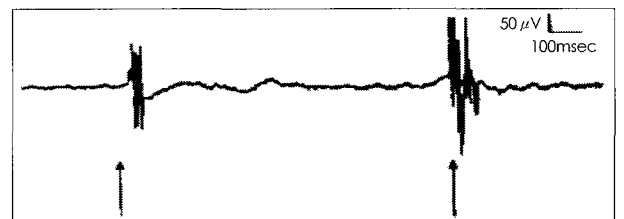


Fig. 2. Insertional activity.¹⁾

이 있는지를 의심해야 하고 감소되어 있으면 지방이나 섬유조직으로 대체되었을 가능성을 생각해 봐야 된다.

2) At rest

근육에 침전극을 삽입하여 삽입전위를 관찰한 다음에는 환자를 충분히 안정시켜서 최대한 근육을 이완시킨 휴식상태에서 비정상 자발전위가 나타나는지를 관찰하게 된다. 정상에서는 휴식상태에서 근육이 완전히 이완되어 있으면 신경접합부를 횡단하는 acetylcholine의 자발적 세포 외유출에 의한 중판잡음 이외에는 조용해서 자발전위가 발생하지 않게 된다. 그러므로 근육이 이완된 상태에서 2~3초 이상 지속되는 모든 자발전위는 비정상이다. 이러한 비정상 자발전위는 하부운동신경단위의 탈신경 현상으로 근육이 이완된 상태에 있을 때 신경지배를 받지 않는 개개의 근섬유의 자발발전에 의한 것으로 말초신경의 탈신경을 의미하게 된다.

비정상 자발전위에는 세동전위(fibrillation potential), 양성예파(positive sharpe wave), 복합반복방전(complex repetitive discharge) 등이 있다.

(1) Fibrillation potential(Fig. 3)¹⁾

0.5~10Hz 정도로 매우 규칙적으로 발사되며, initial positive deflection이며 진폭이 작고(10~100 μV) 짧은 지속시간(1~5msec)을 갖는 순간적인 극파(spike)로 나타난다.

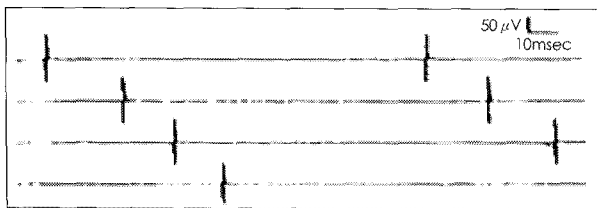


Fig. 3. Fibrillation potential.¹⁾

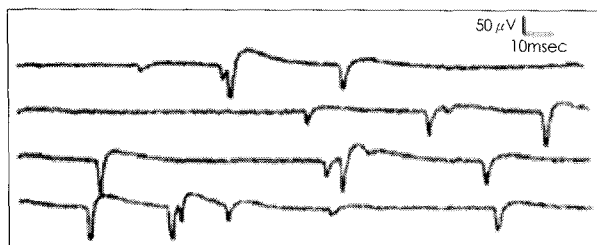


Fig. 4. Positive sharp wave.¹⁾

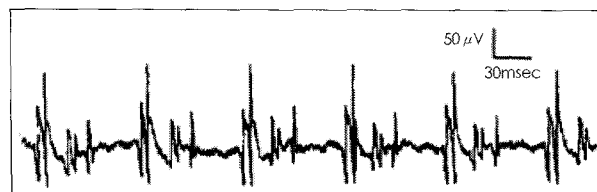


Fig. 5. Complex repetitive discharge.¹⁾

(2) Positive sharp wave(Fig. 4)¹⁾

0.5~10Hz의 규칙적인 발사이고 진폭은 다양하며 짧은 initial positive peak와 긴 negative phase를 갖는 파동(wave)이다.

(3) Complex repetitive discharge(Fig. 5)¹⁾

20~150Hz의 높은 빈도로 다상성의 극파(spike)가 반복적으로 갑자기 나타났다가 사라지는 식으로 나타난다. 만성성의 신경병변과 근병변에서 나타날 수 있다.

이러한 근전도상의 탈신경 양상은 보통 신경손상 2~3주에 발생하여 신경재지배 때까지 남아 있으며 심한 손상에서는 근육이 섬유화될 때까지 남아 있을 수 있다. 손상 후 1~2년 후에도 탈신경양상이 남아 있으면 자발적인 회복의 가능성이 거의 없는 심한 손상을 의미하게 된다.

3) During minimal voluntary contraction

이완된 상태에서 비정상 자발전위가 나타나는지를 본 다음에는 근이 수의 수축할 때 운동단위 활동전위의 형태 변화와 수의 감소 정도를 관찰하게 된다. 운동단위 활동전위는 운동단위의 세포외 침근전도기록으로 운동신경단위가 역치까지 탈분극되면 신경 활동전위가 만들어 지고, 축삭으로 파급되게 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, 진폭, 위상(phases)(극파의 수)로 하게 되는데 보통 정상적인

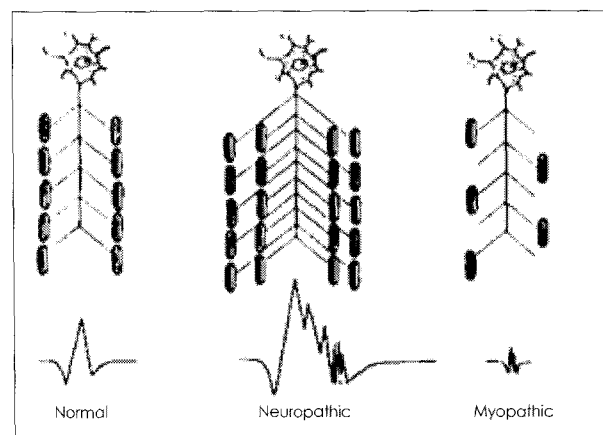


Fig. 6. Motor unit action potential(MUAP) morphologies. Normal MUAPs have two or four phases. In chronic neuropathic lesions that occur after reinnervation, the number of muscle fibers per motor unit increase, resulting in long-duration, high-amplitude, and polyphasic MUAPs. In myopathies or in neuromuscular 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.¹⁾

운동단위 활동전위는 5~15msec의 지속시간, 100 μ V~2V의 진폭과 2~4 위상을 나타내게 된다(Fig. 6).

신경병변이 있는 경우는 지속시간이 길어지고 진폭이 증가되고 다상성의 파형이 관찰되는데 이런 파형은 신경재지배 양상으로 신경지배가 제거된 근섬유의 신경재지배를 의미한다. 이런 파형은 정상적인 신경단위로부터의 재생에 의해 생기는데 이와 같이 재생된 섬유는 재생이 완료된 섬유보다 느리게 전도되므로 적어도 5개 이상의 다상성의 전기반응을 만들게 되고 이런 다상성 전위는 신경재지배가 진행되고 있는 것을 의미하게 된다(Fig. 6).¹⁾

신경섬유가 완전히 우수화되고 정상적인 속도로 전도되면 이런 다상성이 없어지고 지속시간은 감소되나 각 운동단위가 많은 근섬유를 포함하므로 진폭이 큰 운동단위 활동전위, 즉 거대 운동단위 활동전위를 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 작으며 다상성의 활동전위가 나타나게 된다(Fig. 6).¹⁾

4) During maximal voluntary contraction

이와 같이 수의 수축의 시작 초기에서 운동단위 활동전위의 파형을 관찰한 다음에는 수의수축의 강도를 증가시키게 되면 하나 하나의 운동단위의 발사가 다음의 운동단위의 발사로 이어지면서 발사속도가 증가되고 힘이 증가되면서 더 많은 운동단위가 점증되어 간섭양상을 만들게 된다. 이런 간섭양상은 발사양상으로 정상에서는 최대한으로 수축(운동)할 것을 요구했을 때 아주 많은 운동단위가 발사해서 각각의 운동단위 활동전위를 구별할 수 없는 상태로 나타나는 것이 정상적인 간섭전위이다(Fig. 7).

신경병변이 있을 때는 점증이 감소되어 불완전한 간섭전

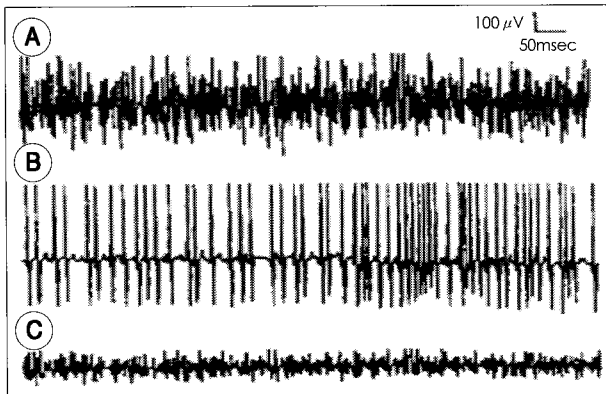


Fig. 7. Interference patterns. A : Normal. B : Neurogenic. C : Myopathic.¹⁾

위를 일으키게 되며, 근병변이 있을 때는 정상적인 간섭전위를 나타내나 운동단위 활동전위가 근병변의 파형을 나타내게 된다(Fig. 7).¹⁾

4. 적응증

후두근전도 검사는 후두의 신경근질환을 가장 확실하게 진단할 수 있는 방법으로 최근 적응증이 점차 확대되고 있다. 1987년부터 1999년까지 약 1,000예의 진단적 후두근전도를 시행한 Koufman 등²⁾이 제시한 후두근전도 적응증은 성대마비에서 병변 부위 검사와 예후 측정, 성대고정과 성대마비의 감별, 성대부전마비의 진단, 기타 후두의 신경질환 및 운동장애의 진단, 보툴리눔 독소 주사시 주사부위의 결정 등으로 보고하고 있다. 또한 Yin 등³⁾은 후두근전도의 적응증을 좀 더 확대시켜 성대 운동 장애, 성대 운동 감소, 성대의 과운동(연축성 음성장애, 성대진전)의 진단뿐만아니라 정상적인 성대운동을 보이지만 원인이 발견되지 않는 오래 된 음성장애에서도 시행해야 한다고 보고하고 있다.

1) 성대 운동 장애

성대운동 장애가 있을 때 후두근전도를 시행하므로써 성대마비와 성대고정을 감별할수 있으며, 성대마비의 병변부위를 감별할 수 있고 또한 성대마비의 예후를 측정하고 치료방법 및 시기를 결정하는데 도움을 줄 수 있다.

(1) 성대고정과 성대마비의 감별

성대 마비가 있는 경우는 후두근전도상 탈신경 또는 재생전위가 보이므로 신경학적인 검사가 필요하고 윤상피열관절의 고착이나 심인성 장애에 의한 성대 고정인 경우는 정상적인 후두근전도 소견을 보이므로 감별할 수 있다.

(2) 병변부위 검사

임상적으로 상부 미주신경 마비인 경우 반회후두신경 마비보다 좀 더 흡인이 잘되고 기식성 발성이기는 하지만 임상적인 소견만으로는 진단이 어렵다. 이때 후두근전도는 병변부위를 감별하는데 가장 합리적인 검사방법이다.

(3) 예후측정

반회후두신경 마비에서 후두근전도의 예후 측정에 대한 유용성은 비교적 잘 알려져 있다. 그러나 아직 후두근전도의 표준화된 정략적인 평가 방법이 정해지지 않았기 때문에 보고자들마다 주관적인 요소가 강하기는 하지만 여러 보고자들이 후두근전도로 예후를 예측하는 기준들을 제시하고 있다 1998년 Peak⁴⁾은 반회후두신경 마비의 예후를 불량, 중간, 우수로 분류하였고, Koufman 등⁵⁾도 후두마비

에서의 후두근전도 소견을 5가지로 분류하여 각각의 상태에 따라 치료 방법 및 시기를 제시하고 있다.

그러나 실제로 성대마비에서 후두근전도를 이용한 성대기능의 회복에 대한 예측정확도는 12.8~90% 정도로 보고자들마다 매우 다양한데, 그 이유는 후두근전도를 신경손상 후 언제 했느냐에 따라 정확도가 다르기 때문이며, 보통 후두근전도를 증상있을 후 6개월 이후에 시행한 경우 예측정확도의 정확도는 감소되는 것으로 보고되고 있다. 또한 대부분 예측측정에 가장 중요한 후두신경에 대한 신경전도검사(nerve conduction study)를 시행하지 않았기 때문인 것으로 생각되고 있다.

Munin 등⁶⁾은 후두근전도를 증상 발생 후 21일에서 6개월 사이에 시행했던 성대마비 환자 31명을 6개월 추적 관찰한 결과 후두근전도는 증상 발생 후 6~7주 사이에 시행하는 것이 가장 예측측정에 정확하다고 보고하고 있다. 또한 성대마비가 지속되는 환자의 36%에서만 급성신경손상을 의미하는 세동전위가 발견된다고 보고 하면서 그 이유는 후두근에서는 운동단위당 포함된 근섬유의 수가 적고 크기가 작기 때문인 것으로 설명하면서 따라서 후두근전도에서는 운동단위 점증 즉 간섭양상이 하부 신경단위손상과 상부 신경단위 손상을 구별하는 가장 예민한 예측인자이며 성대운동과도 밀접하게 관계되고 있다고 보고하고 있다.

2) 성대 운동 감소

성대 운동 감소가 있는 성대운동 부전마비는 비교적 흔한 질환이지만 간과되기 쉬운 질환으로 후두경에 의한 검사만으로는 진단하기 힘들고 후두 근전도를 통해 확진될 수 있다.

특히 굴곡형 후두경 및 후두 스트로보스코피 만으로는 진단하기 힘든 미세한 후두의 신경근 질환에 의한 성대 부전마비가 후두 근전도 등으로 확진이 되면 정확한 치료 시기 및 방법을 결정하는데 도움이 된다. 임상에서 성대부전마비는 대부분 보상작용에 의한 과기능성 음성장애를 지니고 있기 때문에 근 긴장성 음성장애의 양상을 보이게 된다. 실제로 임상에서 심한 성문상부수축이 보이는 후두의 과운동성은 기능성 음성장애인 근 긴장성 음성장애에서와 같이 일차적으로 생기기도 하지만 어떤 원인으로 간에 성문폐쇄가 잘 안되는 기질적 음성질환에서 이차적으로 발생할 수 있다. 따라서 성대마비와 같이 명백하게 성문폐쇄가 잘 안되는 경우나 성대결절, 폴립 등 성대에 기질적 장애가 있는 경우 보상작용에 의한 근긴장 양상은 쉽게 진단 가능하지만, 미세한 신경근 질환에 의한 성대 부전마비인 경우는

성대운동 저하가 현저하지 않고 성문폐쇄부전이 뚜렷하지 않으므로 일차적으로 발생한 기능성 음성장애인 근 긴장성 음성장애로 진단하기 쉽다. 이런 경우 후두근전도를 시행함으로써 성대부전마비와 근긴장성 음성장애를 확실하게 감별 진단할 수 있다.

2000년 Koufman⁷⁾은 성대 부전마비로 의심된 50명의 환자에서 후두근전도를 시행한 결과 편측 또는 양측의 반회후두신경 또는 상 후두신경의 신경병변이 관찰되었다고 보고하고 있다. 이런 성대부전마비의 원인은 자연발생적이거나, 바이러스 감염 후에 또는 의사의 진료행위에 의한 것으로 보고하면서 이들의 성대소견은 성대 운동 저하, 편측 공상 성대, 양측공상성대 등으로 나타났고 증상은 음성장애, 음성피로, 이중음성 등으로 나타나며, 이들 환자 중 54%가 성대성형술, 성대주입술등으로 85%에서 음성이 좋아진 것으로 보고하고 있다.

Heman-Ackah 등⁸⁾도 경미한 성대 운동 저하에 의한 음성장애와 음성피로가 있는 환자 22명에 대해 후두근전도를 시행한 결과 19명(86.4%)에서 후두근전도 상에서 신경 병변이 있는 것으로 진단되어 성대 부전마비로 확인되었다고 보고하고 있다. 또한 이때 신경 병변이 있었던 19명의 42개 신경중 64.3%(42 중 27)에서만 성대운동감소가 관찰된 부위와 일치하였다고 보고하면서 이러한 후두근전도 소견과 후두경상 성대 운동 감소가 있는 부위의 불일치는 건강한 근육이 보상을 위한 성대의 과기능으로 인해 피로현상이 생기기 때문인 것으로 설명하고 있다. 또한 후두신경의 92.8% (42 중 39)에서 운동단위 점증이 감소되어 있어 이러한 점증감소가 신경병변을 의미하는 가장 유용한 후두근전도 소견이라고 보고하면서 이러한 관찰은 운동단위 활동전위의 과형, 지속시간, 진폭등의 이상 소견을 알아내는데 익숙하지 않은 이비인후과 의사에게 점증양상의 평가가 성대 부전마비의 신뢰할만한 지표가 될 수 있다고 보고하고 있다.

3) 성대 과운동

(1) 연속성 음성장애

연속성 음성장애의 후두근전도 소견은 아직 논란이 있다. Blitzer 등⁹⁾은 연속성 음성장애는 일종의 후두근이소중으로 휴식상태에서는 정상적인 전기적 전위를 보이나 발생 시에는 갑상피열근에서 경련성 점증이 나타나고 외전 근이소중에서는 음성이 나오지 않을 때 후윤상피열근에서 초기에 잠깐 또는 지속적인 경련성 점증이 보이고, 혼합성 근이소중에서는 외전근, 내전근 모두에서 같은 양상이 관찰된다고 하였다.

그러나 때로는 말하거나 특정한 후두 위치에서 후두근전도의 불수의적 발사에 의해 진단되기도 하는데 이런 불수의적 경련의 발사는 연속성 음성장애와 다른 긴장성 음성장애나 전환장애를 감별할 수 있게 한다. 그러나 이런 소견이 항상 나타나는 것이 아니고 대부분의 연속성 음성장애 환자에서는 정상적인 방전과 점증을 보이는 경우가 많다. 따라서 후두 근전도와 다른 음성 검사를 시행함으로써 연속성 음성장애를 좀 더 정확하게 진단할 수 있다.

(2) 성대진전

성대 진전은 휴식상태에서 율동성 점증이 관찰되고 발성을 지속시키면 더 강하게 나타난다. 이러한 율동성은 성대진전의 특징적인 증상으로 불안증, 근긴장 등으로 인한 진전은 이와 같은 율동성이 나타나지 않는다.

4) 원인불명의 만성음성장애

후두 스트로보스코피 상에서 뚜렷한 성대 운동장애가 관찰되지 않으면서 만성적인 음성장애와 음성피로를 호소하는 경우, 임상에서 일차적 또는 이차적인 근긴장성 음성장애로 진단되었으나 음성치료로 호전되지 않는 경우, 후두근전도를 시행함으로써 성대 근육의 미세한 신경병변에 의한 음성장애인지를 확인할 수 있다.

5. 결 론

후두근전도가 임상적인 유용성에 비해 아직까지 이비인후과에서 활발하게 이용되지 못하고 있었지만, 정확한 적

응증과 후두근전도의 판독방법을 알고 시행한다면 성대 운동장애에 의한 음성장애를 진단하고 치료방법을 결정하는데 많은 도움이 되리라 사료된다.

중심 단어 : 후두근전도.

REFERENCES

- 1) 정성민. 후두근전도. 대한음성언어의학회지 2006;17 (1):5-13.
- 2) Koufman JA, Postma GN, Whang CS, Rees CJ, Amin MR, Belafsky PC, et al. Diagnostic laryngeal electromyography: The Wake Forest experience 1995-1999. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2001;124 (6):603-6.
- 3) Yin S, Qiu WW, Stucker FJ, Batchelor BM. Critical evaluation of neurolaryngological disorders. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000 ;109 (9):832-8.
- 4) 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 (4):472-5.
- 5) Koufman JA, Walker FO. *Laryngeal Electromyography in Clinical Practice: indications, techniques, and interpretation.* Phonoscope 1998; 1 (1):57-70.
- 6) Munin MC, Rosen CA, Zullo T. Utility of laryngeal electromyography in predicting recovery after vocal fold paralysis. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84 (8):1150-3.
- 7) Koufman JA, Postma GN, Cummins MM, Blalock PD. Vocal fold paresis. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;122 (4):537-41.
- 8) Heman-Ackah YD, Barr A. Mild vocal fold paresis: understanding clinical presentation and electromyographic findings. *J Voice* 2006; 20 (2):269-81.
- 9) Blitzer A, Komisar A, Baredes S, Brin MF, Stewart C. Voice failure after tracheoesophageal puncture: management with botulinum toxin. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1995;113 (6):668-70.