

근전도와 신경전도 검사의 임상적 응용

울산 동강병원 물리치료실 · 대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

김호봉 · 배성수

Clinical Application of Electromyography and Nerve Conduction Study

Kim, Ho Bong, P.T., Bae, Sung Soo, P.T., Ph.D.

Dept. of Physical Therapy, Ulsan Dong Kang Hospital

Dept. of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

— ABSTRACT —

The purpose of this article is to summary about the application of electromyography and nerve conduction study. Electrodiagnostic studies, which include nerve conduction studies, electromyography, repetitive nerve stimulation, single fiber EMG, late response tests and evoked potential tests are a critical component of the neuromuscular evaluation.

Key words : Electromyography, Nerve conduction study, Late response, Evoked potential

차 례

I. 서 론

II. 근전도 검사

1. 근전도의 기본개념
2. 근전도 기기
3. 정상 근전도 소견
4. 비정상 근전도 소견

III. 신경전도 검사

1. 신경전도 검사의 기본개념
2. 운동신경 전도검사
3. 감각신경 전도검사
4. 후기반응 검사

IV. 유발전위 검사

1. 유발전위의 기본개념
2. 체성감각유발전위 검사

V. 결 론

참고문헌

I. 서 론

오늘날 임상에서 주요 진단장비에 속하는 단순 방사선(X-ray), 컴퓨터 단층촬영(CT), 자기공명영상(MRI) 등은 인체의 해부학적, 구조적인 문제를 관찰하여 질병을 진단하는데 비해 근전도(electromyography, EMG)는 생리

적, 기능적인 면에서 근육과 신경질환 등을 검사하여 진단하게 된다. 즉, 골격근이나 말초신경의 이상유무 또는 근육성 질환인지, 신경성 질환인지 만약 신경성 질환이면 중추신경성인지, 말초신경성인지 그리고 말초성 신경질환이면 그 손상 부위가 어디인지 등을 알 수 있고 또한 근육의 마비가 부분적인지 완전마비인지를 구별할 수 있고 그 질환의 예후를 추적 검사를 통해서 회복되고 있는지 악화되고 있는지도 알 수 있다.

근전도는 골격근의 전기적 활동(electrical activity)을 탐지하여 이를 관찰하고 기록하여 근육질환 및 신경손상 등을 진단할 수 있는 전기진단법(electrodiagnosis)이다.^{1,4,9,15,20} 즉, 생체내의 여러 전기적 현상을 고도화된 기계로 탐지하고 이를 확대하여 검사자가 직접 눈으로 보고 듣고, 근육이나 신경의 상태를 알아 내는 것이다. 이러한 근육의 전기적 활동전위(action potential)에 대한 관찰은 1900년초 Piper²⁰ 및 Proebster²⁰에 의해 기술되었고 근전도를 질병의 진단에 이용하게 된 것은 1950년대부터이다.^{7,9,16}

근전도(EMG)는 신경근 체계(neuromuscular system)의 기능적인 단위인 운동단위를 근전도 기기의 표면전극이나 침전극을 통해서 그 운동단위의 반응을 보고 듣고, 평가하고 분석하여 정상적인 근전도 소견의 양상을 나타내는지 비정상적인 양상을 보이는지를 구별하여 질병을 진단하게 된다. 즉, 근육병증(myopathy)에서는 특이한 고주파 방출 등의 이상 소견을 보이고 신경병증(neuropathy)에서는 강한 힘을 가하여도 단단위, 또는 부분적인 동원양식의 반응을 보인다.

신경전도 검사(nerve conduction study)는 말초 운동신경이나 감각신경을 자극하여 유발된 신경 활동전위의 모양과 전도 검사를 통해서 그 말초신경의 기능 상태를 평가하고 분석하여 질병을 진단하게 된다. 신경이 변성되면 그 신경이 지배하는 근육에서 이상 소견 반응을 보이게 되고 신경 활동전위의 진폭의 변화와 신경전도의 변화를 나타낸다. 이러한 이상 소견 반응을 추적 관찰하게 되면 그 예후를

알 수 있게 된다.

후기반응(late response) 검사의 하나인 F-파는 말초 운동신경을 자극할 때 역행성으로 전달되는 충격에 의해 역전도 되어 발생하는 재발전위인데 말초신경의 근위부 신경 손상이나 상부 운동신경 장애의 진단에 이용된다. 또 다른 하나는 H-반사인데 이는 단일연접반사궁(monosynaptic reflex arc)에 의한 것으로 성인에서는 주로 제1천수 신경의 지배를 받는 비복근과 가자미근에서 기록이 잘 되어 제1천수 신경근 병변의 진단에 유용한 것으로 알려져 있다.^{3,5)}

신경근 접합부(neuromuscular junction)에 어떤 결함이 발생하면 자극의 전달에 이상이 초래되어 임상에서 종종 근무력증과 근무력증 증후군이 나타나는데 전자는 연속자극 방법에 의해 반응의 진폭이 점차 감소하는 양상을 보이고 후자는 연속자극 방법에 의해서 점차적으로 증가하는 현상을 나타낸다.

마지막으로 유발전위(evoked potential) 검사가 있는데 Dawson(1947)⁹⁾은 말초신경에 전기 자극을 가할 때 반대쪽 대뇌에 매우 작은 유발전위가 기록된다는 사실을 처음 보고한 이후 1960년대에 와서 임상에 응용하게 되었는데^{8, 13)} 이는 감각적 자극에 의한 신경조직의 전기적 반응을 이용해서 감각통로의 전도 기능을 검사하는 것으로 체성감각 유발전위, 청각 유발전위, 시각 유발전위 등이 있다. 특히 체성감각 유발전위는 체성감각 전달 경로의 평가를 위해 사용되는 검사로 중추신경계 병변, 신경근 병변, 다발성 경화증, 수술 중 척추감시술, 말초신경 손상의 추적검사 등에 사용될 수 있다.^{3,27)}

이와같이 근전도는 기초 의학적 연구 분야의 인체역학(kinesiology)에서 뿐만 아니라 임상에서 신경근육계 질환의 감별진단에 이용될 수 있고 골격근과 신경근을 평가하고 치료하는데 사용될 수 있으며 최근에는 운동치료 분야의 생체피드백치료(biofeedback therapy)에도 응용되고 있다.²⁸⁾ 따라서 본 연구는 신경근육계의 질환 감별과 골격근, 신경근의 평가와 진단

에 대한 근전도와 신경전도 검사의 문헌 연구를 하려고 한다.

1. 근전도

1. 근전도의 기본 개념^{7, 11, 14, 15, 16, 23)}

전기진단이라 하면 근전도와 신경전도 검사로 나눌 수 있는데 일반적으로 근전도(EMG)로 통용되고 있다. 근전도는 운동단위의 전기 활동을 활성화시켜 이를 오실로스코프(oscilloscope)에 나타냄으로써 이루어진다.

운동단위는 신경의 척수전각세포, 축삭, 신경근접합부, 그리고 그 신경의 지배하에 있는 모든 근세포를 합친 것으로 하나의 생리적 기본단위이다(그림 1).

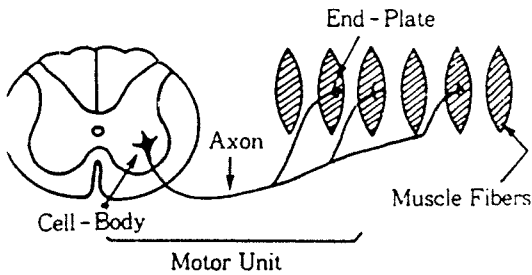


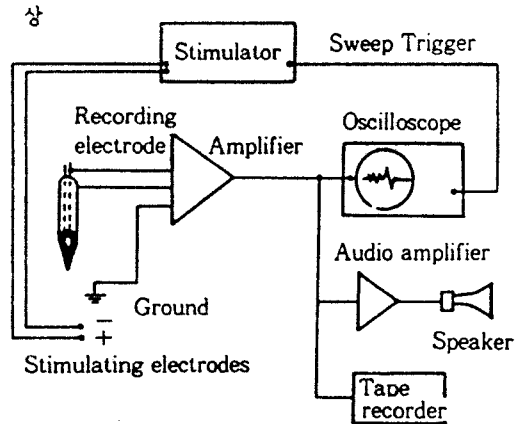
그림 1. 운동단위(motor unit)

신경이나 근육세포는 휴지기에 평형한 분극상태(polarization)로 존재하는데 어떤 자극에 의해서 평형이 깨어지고 탈분극상태(depolarization)가 된다. 신경이나 근육의 세포막이 탈분극 및 재분극(repolarization)과정에서의 전기적 활동을 활동전위(action potential)라 부른다. 활동전위는 한 지점에서 발생하여 신경이나 근육의 섬유를 따라 양쪽으로 전파하게 된다. 이러한 활동전위의 발생, 전파, 동원 등을 포착하여 오실로스코프상에 나타내는 것이 전기진단의 기본 개념이다. 근전도의 정의는 근육내의 전기적 활동을 탐색하고 증폭하여 기록하는 것이라 할 수 있다.

2. 근전도 기기

근전도의 기본 구조^{7, 11)}는 전극(electrodes : 침전극, 표면전극), 증폭기(amplifier), 오실로스코프(oscilloscope), 확성기(loud speaker), 기록계(recording), 자극기(stimulator) 등으로 구성된다.

근전도의 활동전위는 크기로는 백만배(microvolt)로 확대할 수 있고 시간적으로는 천배 단위(millisecond) 또는 백만배 단위(microsecond)로 확대하여 볼 수 있게 되어 있다. 따라서 근육의 전기적 반응을 침전극이나 표면전극(그림 2. 우)으로 검사한 것을 증폭기로 연결하여 여기서 나오는 전기적 활동이 하나는 오실로스코프로 나머지 하나는 전기 에너지가 가침음으로 전환되어 확성기로 방출되며 또는 이것들을 녹음기나 파동기록장치의 사진기로 기록, 유지할 수 있게 되어 있다(그림 2. 좌).



하

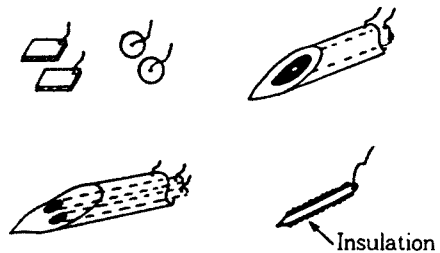


그림 2. 근전도의 구성(좌: 기본 구조, 우: 전극)

3. 정상 근전도 소견^{7, 11, 14, 15, 16, 26)}

침전극(needle electrode)을 근육에 삽입 하므로써 근전도 검사가 시작된다. 정상 근육은 침전극을 자입 후 이완 또는 휴식(at rest)했을 때 고요(silent)하고 수의적으로 수축(on volition)하면 정상 운동단위 활동전위(motor unit action potential, MUAP)가 나타난다.

1) 휴식기 근육의 전기적 활동

침전극을 근육에 자입하면 근섬유는 손상되고 이때 일시적인 전류가 발생하나 병적인 경우에는 이 전류가 소실되든지(근육이 섬유화 되었을 때) 혹은 과다하게 전류가 연장되는 "증가된 삽입 활동전위"(increased insertional activity)가 나타날 수가 있다(그림 3. 상). 휴식기의 근육은 전기적으로 고요하다(그림 3. 중). 단지 전극이 종판(end-plate)에 닿게 되면 소라껍질을 껴 댔을때의 소리(sea-shell sound)가 나는데 이를 "종판 잡음"(end-plate noise)이라고 한다. 이는 종판에서 휴식기에 아세틸콜린이 불규칙적으로 방출되어 이때의 활동전위가 감지되는 것으로 일종의 자발전위(spontaneous activity)인데 침을 흔들거나 옮기면 이 전위는 즉시 없어진다(그림 3. 하).

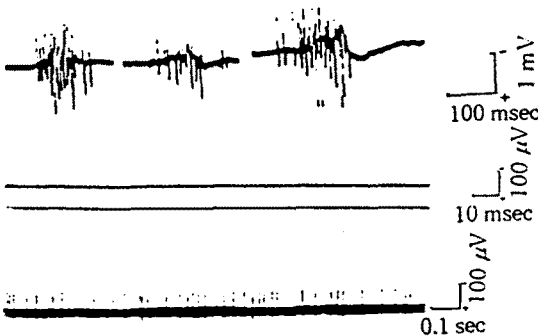


그림 3. 휴식기 근육의 전기적 활동
(상: 삽입전류, 중: 휴식기, 하: 종판잡음)

2) 운동단위전위

한 개의 운동단위에서 나오는 전위를 관찰하려면 피검자로 하여금 약한 근육 수축을 하게 해야 한다. 이러한 근육 수축의 최소 단위를 운동단위 활동전위(MUAP) 또는 운동단위전위(MUP)라 한다. 이 전위의 모양은 2상성(diphasic) 또는 3상성(triphasic)이며 때로는 다상성(polyphasic)으로 보일 때도 있다. 정상 운동단위의 진폭은 0.3~5.0 mV이고 기간은 3~16 msec이다(그림 4).

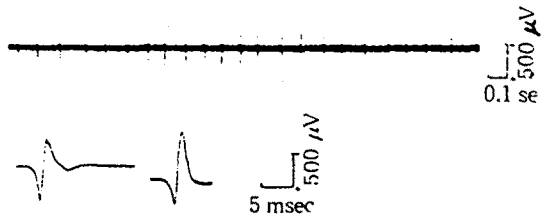


그림 4. 운동단위 활동전위

3) 간섭 및 동원 양식

근육의 수축강도를 점차 증가시키게 되면 운동단위의 수축빈도가 빨라지고 수축을 계속 강하게 하면 다른 운동단위가 수축에 함께 동원되어 수축에 참여하는 운동단위의 수가 증가하게 된다. 따라서 약한 수축을 할 때 분리되어 잘 보이던 운동단위의 모양은 증가한 다른 운동단위와 섞여서(간섭현상, interference pattern) 그 개개의 모양이 구별되지 않아 화면은 운동단위로 파악서 기선(baseline)을 볼 수 없게 되어 버린다. 이런 상태를 완전간섭파형(complete interference pattern) 혹은 완전동원양식(complete recruitment pattern)이라고 한다(그림 5).

신경성 질환인 경우에는 동원양식에서 운동단위의 수가 감소하여 나타나는 불완전 간섭파형(partial interference pattern) 또는 단단위 간섭파형(single interference pattern)인 반면에 근육성 질환에서는 조금만 수의적 수축을 하여도 쉽게 완전간섭파형으로

되는 것을 볼 수 있다.

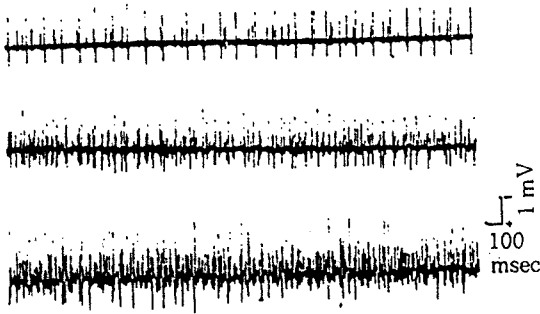


그림 5. 간섭 및 동원양식
(상: 단단위, 중: 불완전, 하: 완전간섭파형)

4. 비정상 근전도 소견7, 11, 14, 15, 16)

1) 휴식기에 나타나는 자발전위

종판 이외에서 볼 수 있는 자발활동은 일반적으로 의의가 있고 이상을 의미한다. 안정시(휴식시) 근육에서 나타나는 자발활동의 형은 증가된 삽입 활동전위(increased insertional activity), 근세동전위(fibrillation potential), 양성예각파(positive sharp wave), 속상수축전위(fasciculation potential), 및 고주파 방출(high frequency discharge) 등이 있다.

(1) 근세동전위

신경을 제거한 근(denervated muscle)에서 종종 나타나는 짧은 지속시간 및 저전압의 자발전위를 근세동전위라 부른다. 이는 피부 때문에 육안으로는 볼 수 없으나 때로는 혀로 느낄 수 있다고 한다. 근세동전위는 탈신경후 대개 14~21일에 나타나고 2상성 혹은 3상성으로 신경지배대의 외측에서 기록하면 최초의 편향이 양성방향이다. 동심형 침전극으로 기록된 근세동전위의 지속시간은 1~5 msec로 평균 2.7 msec이다. 진폭은 20~30 V의 변동이 있고 발사빈도는 1~3/sec이다(그림 6).

근세동전위는 신경이 제거된 근에서만 나타

나는 것이 아니라 원발성 근육병증(primary myopathy) 환자에서도 발견될 수 있다. 신경이 제거된 근에서 가장 뚜렷한 전기적 및 생리학적 변화는 자발적 근세동전위와 근섬유 전체에 아세틸콜린에 대한 과민성이 나타나는 것이다. 반면에 신경지배를 받고 있는 근에서는 종판에서만 아세틸콜린에 대한 감수성이 높다. 신경근전달물질, 즉 아세틸콜린의 결핍이 자발적 신경제거 전위의 원인이라고 시사하는 증거가 많다.

근세동전위가 진단학적으로 의의 있게 되려면 종판 이외의 근에서 적어도 두 곳 이상에서 발견되어야 한다. 근세동전위는 종종 건강한 근에서도 기록될 수 있으므로 이 전위가 단독으로 출현될 때 신경손상이나 다른 이상을 시사한다고 단정할 수는 없다.

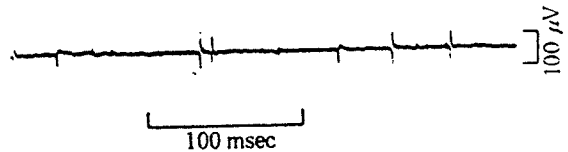


그림 6. 근세동전위

(2) 양성예각파

양성예각파는 2상성 전위로 자발적으로 또는 불규칙적인 간격으로 나타난다. 이들은 초기의 예리한 양성편향에 이어서 음성방향으로 천천히 쇠퇴하는 것을 볼 수 있다. 양성의 진폭은 약 50 V에서 1 mV정도까지이고 지속시간은 근세동전위보다 길고 때로는 10 msec까지 지속된다(그림 7).

양성예각파는 단일섬유에서 유래되고 아마도 손상받은 섬유의 부근에서 탐지된다고 한다. 종종 침전극을 근에 삽입한 뒤에 최초의 수초간에서만 존재하고 소실된다. 대개 탈신경후 초기에 나타나는 자발전위로서 근세동전위 보다 먼저 나타난다.

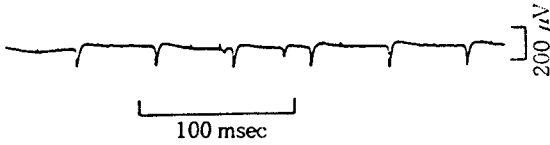


그림 7. 양성예각파

(3) 속상수축전위

속상수축전위는 근섬유속의 자발적 불수의적 단수축인데 작은 수축의 움직임이 일어날 수 있고 관절운동은 동반되지 않는다. 또한 근이나 근군의 거친 단수축인 진전이나 간대성 근경련(myoclonus)과도 구별해야 한다. 속상수축전위는 정상인에서도 흔히 볼 수 있다. 병리학적으로는 척수전각세포 질환에서 흔히 볼 수 있고 척수성 근위축증, 염증성, 혹은 압박성 신경근 병변(nerve root lesion) 및 갑상성 중독증(thyrotoxicosis)에서도 나타난다(그림 8).

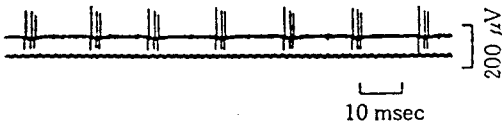


그림 8. 속상수축전위

(4) 고주파 방출

고주파 방출은 척수전각세포나 신경근 병변과 같은 말초신경의 자극병변(그림 9. 상) 및 근육병증에서 볼 수 있다. 특히 근육병증인 근긴장증(myotonia)에서는 발사빈도가 연속적으로 증가하고, 그리고 감소하는 특징(wax and wane)이 있고 150/sec의 고주파로부터 20/sec까지 변화하며 확성기로 들으면 급강하 폭격음(dive bomber sound)과 유사한 소리가 들린다. 이 형의 고주파 방출은 근긴장증성 반응이라 불리우고 침전극의 움직임, 타진 혹은 수의적 수축에 의해 유발되고 또한 외관상 안정상태에 있는 근에서도 기록된다. 대개 근이영양증, 다발성 근염, 샤르코 마리 투드 병

(charcot-marie-tooth disease) 등에서 나타난다(그림 9. 하).

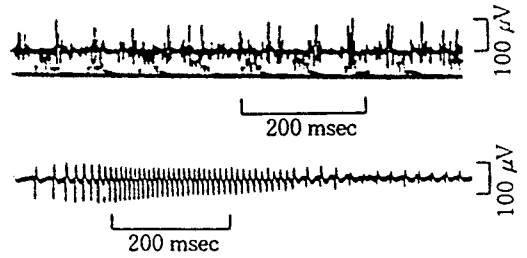


그림 9. 고주파 방출

(상: 말초신경 자극병변, 하: 근긴장증)

2) 운동단위활동전위의 변화

비정상 근전도 소견에서는 여러 원인으로 인하여 운동단위활동전위(MUAP)의 진폭, 기간, 모양 등이 변하고 그 동원되는 양상이 달라지게 된다. 근육병변에서는 운동단위활동전위의 진폭, 기간이 감소하고 모양도 다상성으로 치우치게 된다. 반면에 신경병변에서는 운동단위활동전위의 진폭, 기간 등이 증가하고 다상성 전위가 많아 진다. 진폭이 5 mV 이상으로 크지면 거대전위(giant potential)라고 부르기도 한다. 이는 주로 신경근 압박(radicular compression)과 척수전각세포 질환에서 특징적으로 볼 수 있다(그림 10).

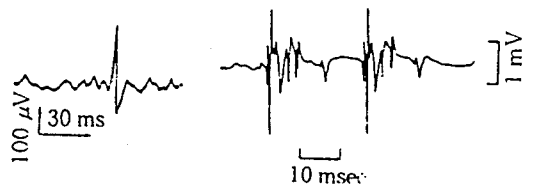


그림 10. 정상운동단위 전위와 다상성 전위 및 거대전위

3) 간섭 및 동원양식의 변화

비정상 근전도 소견에서의 근육병변은 실제로 근육의 힘은 약화되어 있음에도 불구하고 동원양식은 오히려 완전하여 적은 힘으로도 쉽게 완전동원양식에 도달하게 되는데 반하여 신

경병변에서는 병증이 심할 수록 동원할 수 있는 운동단위가 적어지므로 불완전 또는 단단위 동원양식(incomplete or single recruitment pattern)이 된다(그림 11).

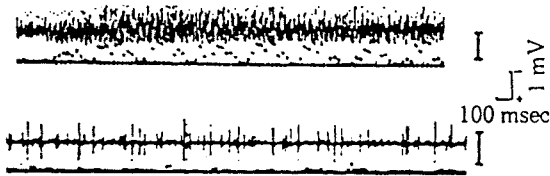


그림 11. 근육병변과 신경병변의 동원양식
(상: 근육병변, 하: 신경병변)

Ⅲ. 신경전도 검사

1. 신경전도의 기본 개념^{1, 7, 14, 24, 28)}

신경전도 검사는 말초신경의 전기자극에 의하여 유발된 전위를 일으킨 것을 기록하여 말초의 운동신경과 감각신경의 기능을 평가하는 것이다.

운동신경에 대한 전도속도의 측정은 1948년 Hodes, Lanrabee 및 German에¹²⁾ 의해 최초로 이루어 졌고 1956년 Dawson¹⁰⁾은 인체에서 감각신경의 활동전위를 최초로 기록했다.

신경전도는 신경의 일정한 분절에 있어서 전기적 자극의 전도하는 속도를 알아봄으로써 그 신경의 상태를 알 수 있게 된다. 즉, 압박성 신경병변(compression neuropathy), 당뇨병성 신경병변(diabetic neuropathy) 등은 일차적 병변이 신경섬유에 있는 것이므로 신경전도 검사가 매우 유효하고 또한 신경의 손상 정도(neurapraxia, axonotmesis, neurotmesis)의 진단과 손상후 혹은 신경봉합술(neurorrhaphy)후 재생 과정을 추적하고 관찰하는데 필수적인 검사가 된다. 그러나 근육병변에서는 운동신경 및 감각신경의 전도 검사는 정상범위에 있다. 이러한 신경전도 검사시 평가하는 기준은 다음과 같다(그림 12).

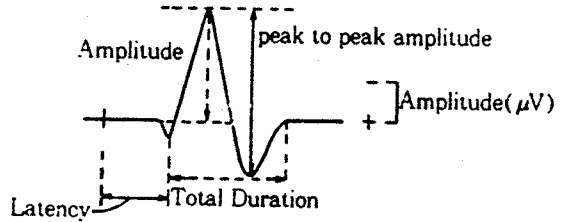


그림 12. 신경활동전위의 측정

1) 잠복기(latency)

신경을 자극하는 시각에서부터 반응이 나타나는 시각까지 걸린 시간이며 이렇게 유도된 전위를 유도활동전위라 한다. 신경의 말단부에서 자극하여 유도된 전위를 원위 잠복기라 하고 근위부에서 자극하여 유도된 전위를 근위 잠복기라 하며 신경 손상시 이러한 잠복기는 연장되어 있다. 특히 수근이나 족근터널 증후군(carpal or tarsal tunnel syndrome)에서는 정중신경이나 내외측저신경의 원위 잠복기가 지연되어 있다.

2) 진폭(amplitude)

신경활동전위의 정상에서 정상까지(peak-to-peak)의 진폭을 측정하게 되는데 감소하는 것이 병적인 상태가 된다.

3) 기간(duration)

신경활동전위의 시작에서 끝까지의 시간이며 병적일 때는 보통 시간이 증가하게 된다.

4) 전도속도(conduction velocity)

신경에서 전기적 자극의 전도속도를 의미하는 것으로 말초 잠복기(L1)와 근위 잠복기(L2)의 차이로 두 자극점 간의 거리를 나누어 줌으로서 신경전도속도(NCV)를 산출할 수 있다.

* Nerve Conduction Velocity, NCV

$$= \frac{\text{Distance(mm)}}{\text{L2} - \text{L1(msec)}} \text{ M/sec}$$

신경전도 검사의 요점을 신경을 어느 점에서 자극하고 그 반응을 근에서(운동신경 전도검

사) 혹은 신경의 분포에 따라 어느 부위에서 (감각신경 전도검사) 기록하는가 하는 것이다.

신경전도 속도에 영향을 미치는 인자에는 온도와 연령이 있다. 온도가 섭씨 1도 감소함에 따라 2.0~2.4 M/sec 늦어지고 신생아에서는 성인의 약 1/2에 불과하다가 3~5세에 이르면 성인 수준에 도달하며 노인에서는 서서히 감소하게 된다.

2. 운동신경전도 검사

운동신경전도 검사는 운동신경을 자극후 그 반응을 그 신경이 지배하고 있는 근육에서 표면전극 또는 침전극을 통해서 기록할 수 있다. 안면에서는 안면신경(facial nerve), 상지에서 견갑상(suprascapular), 액와(axillary), 근피(musculocutaneous), 요골(radial), 정중(median), 척골(ulnar)신경 등을 검사할 수 있고 하지에서는 대퇴(femoral), 폐쇄(obturator), 좌골(sciatic), 경골(tibial), 비골(peroneal)신경 등을 검사할 수 있다 (그림

13)(표 1). 운동신경의 전도속도는 상지에서는 약 60 M/sec이고, 하지에서는 평균 약 45 M/sec정도 이다.

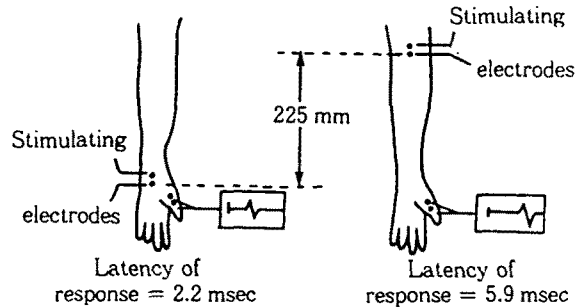


그림 13. 정중신경(운동신경)의 전도검사

* 임상적 측정방법 : 검사하고자 하는 운동신경의 지배근육에 기록전극(표면, 침전극)을 부착시키고 그 신경의 말초부와 근위부에 각각 전기적 자극을 가하여 두잠복기를 구한다. 그리고 나서 두 자극점 간의 거리(mm)를 두 잠복시(msec)의 차로 나누면 그 신경의 전도속도(NCV)가 산출된다.

표 1. 운동신경전도 검사의 정상치

Segment	Conduction Velocity (meter/sec)	Distal Latency (msec)	Amplitude (mV)	Reference
Ulnar nerve				
Axilla~wrist	60.0(56.0~62.7)	2.8(2.3~3.4)	5~7	11
Median nerve				
Elbow~wrist	57(S.D. 5)	3.9(S.D. 0.4)	"	"
Radial nerve				
Elbow~forearm	62(S.D. 5.1)	2.4(S.D. 0.5)	"	"
Posterior tibial				
Popliteal~malleolus	51.2(43.4~59.5)	2.1~5.6	3~5	"
Peroneal nerve				
Cap. fibula~ankle	50(S.D. 3.5)	5.1(S.D. 0.5)	"	26
Facial nerve				
Jaw angle~orb.oris		2.5~3.0		"

3. 감각신경전도 검사

감각신경전도 검사는 감각신경의 말초부에서 자극하여 근위부에서 그 반응을 기록하는 순방

향성 전도(orthodromic conduction)검사와 근위부에서 자극하여 말초부(손가락, 발가락)에서 그 반응을 기록하는 역방향성 전도(antidromic conduction)검사가 있다. 두

경우 신경전도 속도는 비슷하고 신경을 자극할 때 말초부에서 보다 근위부에서 자극하는 것이 고통이 덜 하므로 임상에서는 역방향성 전도검사 방법을 주로 사용하게 된다(그림 14).

감각신경전도 검사는 상지에서 정중(median), 척골(ulnar), 천요골(superficial radial), 근피(musculocutaneous)신경 등이 있고, 하지에서는 외측대퇴피(lateral femoral cutaneous), 복재(saphenous), 비복(sural),

내외측족저(medial and lateral plantar), 천비골(superficial peroneal)신경 등이 있다(표 2). 감각신경전도 속도는 상지에서 정상범위가 45~75 M/sec이고 말초잠복기는 2~4 msec이며 감각신경의 활동전위의 진폭은 10~60 V이다. 하지에서는 정상범위가 35~55 M/sec이고 말초잠복기는 4~6 msec이며 감각신경활동전위의 진폭은 5~40 μ V이다.

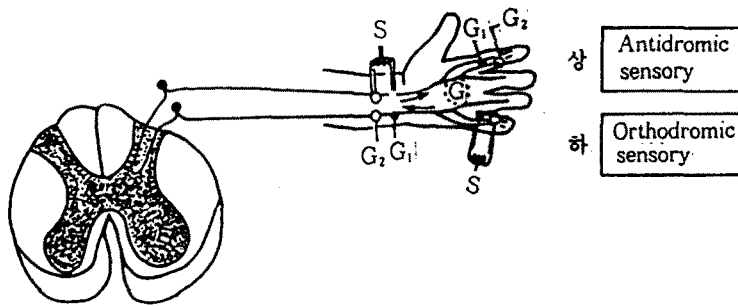


그림 14. 감각신경의 역방향성(상)과 순방향성

표 2. 감각신경전도 검사의 정상치

Segment	Conduction Velocity (meter/sec)	Distal Latency (msec)	Amplitude (mV)	Reference
Ulnar nerve				
Digit V~wrist	60.0(56.0~62.7)	2.8(2.3~3.4)	5~10	11
Median nerve				
Digit II~wrist	57(S.D. 5)	3.9(S.D. 0.4)	"	"
Radial nerve				
Forearm~thumb	62(S.D. 5.1)	2.4(S.D. 0.5)	"	"
Medial plantar				
(Distance 14cm)	51.2(43.4~59.5)	2.1~5.6	10~30	26
Superficial peroneal				
Cap. fibula~ankle	50(S.D. 3.5)	5.1(S.D. 0.5)	>5	"

* 임상적 측정방법 : 검사하고자 하는 감각신경의 지배영역에 기록전극(표면전극)을 부착시키고 그 신경의 말초부와 근위부에 각각 전기적 자극을 가하여 두 잠복기를 구한다. 그리

고 나서 두 자극점 간의 거리(mm)를 두 잠복시(msec)의 차로 나누면 그 신경의 전도 속도(NCV)가 산출된다.

$$* NCV = \frac{\text{Distance(mm)}}{L2 - L1(\text{msec})} = \text{M/sec}$$

4. 후기반응 검사

1) F-파(F-wave) 6, 7, 8, 19)

후기반응 검사의 하나인 F-파는 운동신경을 강하게 자극하면 직접적인 반응(M-response) 외에 그 보다 훨씬 긴 잠복기를 두고 진폭이 작은 전위가 나타나는 것을 볼 수 있는데 이것을 F-파라고 한다. 이것은 말초신경을 자극했을 때 역방향성으로 전달되는 충격에 의해서 알파운동신경원(alpha motor neuron)이 활

성화 되어 "반격"하는 재발전위라고 할 수 있다. 즉 이 F-파는 구심성 신경섬유도 A- 신경섬유이고 원심성 신경섬유도 A- 신경섬유이며 반사궁이 없는 일종의 반발현상으로서 모든 운동신경 자극시에 이를 구할 수 있다.

따라서 원위부 신경전도속도 검사가 정상이면서 F-파의 잠복기가 연장되었을 경우 근위부 신경부위의 병변을 간접적으로 시사하는 자료가 될 수 있다. 그러므로 F-파의 검사는 자극점과 척수사이의 신경 기능연구에 이용된다(그림 15. 좌). F-파의 정상 잠복기는 상지에서 20~32 msec이고, 하지에서는 42~55 msec이다.

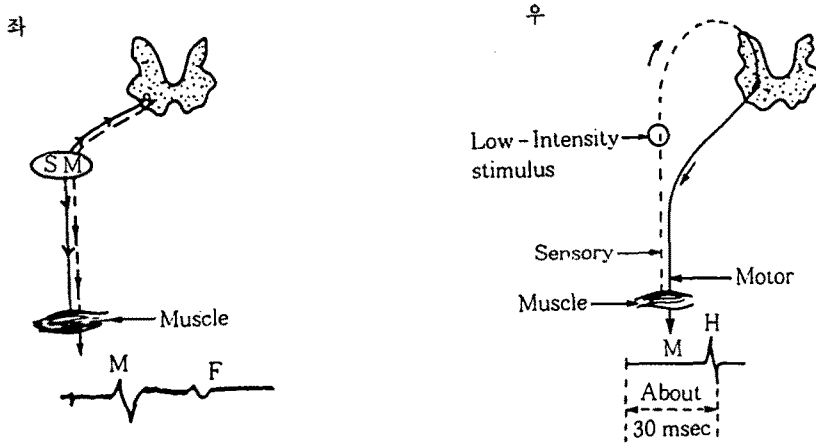


그림 15. 후기반응의 발생기전(좌: F-파, 우: H-반사)

2) H-반사(H-reflex) 3, 5, 7, 8)

후기반응 검사의 또다른 하나인 H-반사는 경골신경을 약하게(submaximal) 자극하면 장단지 근육에서 초기반응과 후기반응인 두개의 반응이 나타나는데 첫째 것은 M-파라 하고 나중의 것을 H-파라 한다. 이 H-파는 M-파보다

훨씬 역치가 낮아서 약한 자극에서 유발되며 자극의 강도를 증가시키면 H-파가 크지고 M-파가 낮게 나타나다가 더 강한 자극을 주게 되면 H-파는 사라지고 M-파만 크지게 된다.

H-반사는 감각신경인 Ia 섬유를 거쳐 척수의 후각으로 가서 단일연접반사궁에 의해 운동신경인 A- 신경섬유를 타고 돌아오는 반사파로 주로 제 1천수 신경근 병변에 이용되는 비교적

신뢰도가 높은 검사이다. 이 반응의 잠복기는 24~32 msec이고 다리 길이와 상관이 있다(그림 15. 우). 이 반사는 제 1천수 신경근 병변과 다발성 신경병(예, 당뇨병성 신경병) 등에서 진폭이 작아지고 잠복기가 지연되는 민감한 반응을 보인다.

5. 신경근 접합부의 전달이상^{2,7,11,14)}

신경근 접합부에 어떤 이상으로 인하여 신경근 전달에 결함이 발생하는 질환으로 중증 근무력증(myasthenia gravis)과 근무력증형 중후군(myasthenic syndrome)이 있다. 신경근 접합부 앞부분은 아세틸콜린을 합성 저장하고 어떤 자극에 의해 이 전달물질을 방출하

는 작용을 가지고 있으며 신경근 접합부 뒷부분에는 아세틸콜린 수용체(receptor), 미세중판전위, 근자극파동의 전파에 관여한다.

신경근 접합부의 전달 이상에 대한 전기진단에는 연속자극의 방법(repitive stimulation)이 쓰여진다. 중증 근무력증 진단 때는 초최대 자극을 초당 3번씩 5회 자극하여 제 1반응과 제 5반응의 진폭을 비교한다(그림 16). 그리해서 15% 이상의 진폭감소가 있으면 양성으로 본다. 근무력증형 중후군의 진단 때에는 최초의 반응이 정상보다 진폭이 작으나 차차 점차적으로 증가하여 정상보다 훨씬 커지는 것을 기준으로 한다(그림 17).

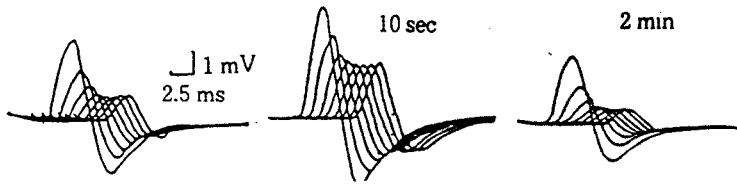


그림 16. 중증 근무력증

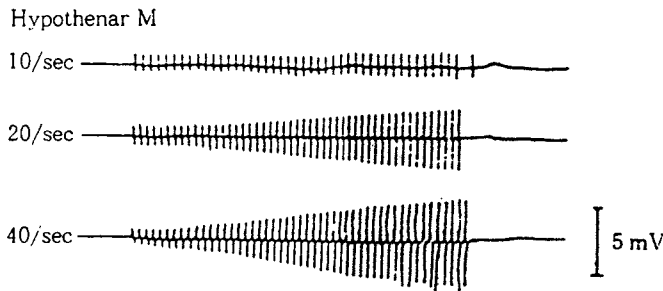


그림 17. 근무력증형 중후군

IV. 유발전위 검사

1. 유발전위의 기본 개념^{2, 8, 26, 28)}

유발전위란 각종 감각적 자극에 의해서 일정한 잠복기 후에 유발되는 신경조직의 전기적 반응이다. 감각의 자극에 대한 신경계통의 반응을 컴퓨터로 증폭시켜 평균가산한 것을 말한다. 유발전위는 감각통로의 전도기능(특히 중추신경)을 검사하기 위해 사용되며 자극의 종류에 따라 체성감각유발전위(somatosensory evoked potential, SEP), 청각유발전위(auditory evoked potential, AEP), 시각유발전위(visual evoked potential, VEP)로 나눌 수 있다. 최근에는 운동유발전위(motor evoked potential, MEP)에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

유발전위는 감각신경계의 기능을 객관적으로 추정, 평가할 수 있다는데 의의가 있다. 따라서 임상적 응용은 신경계의 질환을 진단하고 어떤 병변의 예후를 추정하고 신경계의 병변을 추적할 수 있다. 여기에서는 체성감각 유발전위(SEP)만을 간략하게 다루기로 한다.

2. 체성감각 유발전위 검사^{2, 8, 14, 27)}

체성감각 유발전위는 말초감각신경에 전기자극을 가하게 되는데 부위에 따라 상지에서는 정중신경, 척골신경 등이 있으며, 하지에서는 후경골신경, 비골신경 등이 있다.

주행통로는 전기자극이 Ia 형의 말초감각신경을 따라 척수의 후주(posterior column)에 도달하고 속(fasciculus)을 따라 연수(medulla)부위까지 도착한후 반대측 내측모대(medial lemniscus)를 통과하여 두정부의 감각중추에 도달하게 된다. 따라서 주행하는 전체 통로의 각 부위에서 전위를 기록할 수 있다. 예로 상지에서 말초 감각신경을 자극하여 상완총, 경추부, 두피에서 유발전위를 기록할 수 있고, 하지에서는 말초 감각신경을 자극하여 천수부, 요수부, 경수부, 두피에서 각각 유발전위를 기록할 수 있다.

유발전위의 측정 요소로는 잠복기, 유발전위 간 잠복시간, 진폭, 유발전위 모양 등이 있는데 좌우간의 비교로 이상 유무를 판별하게 된다(그림 18).

V. 결 론

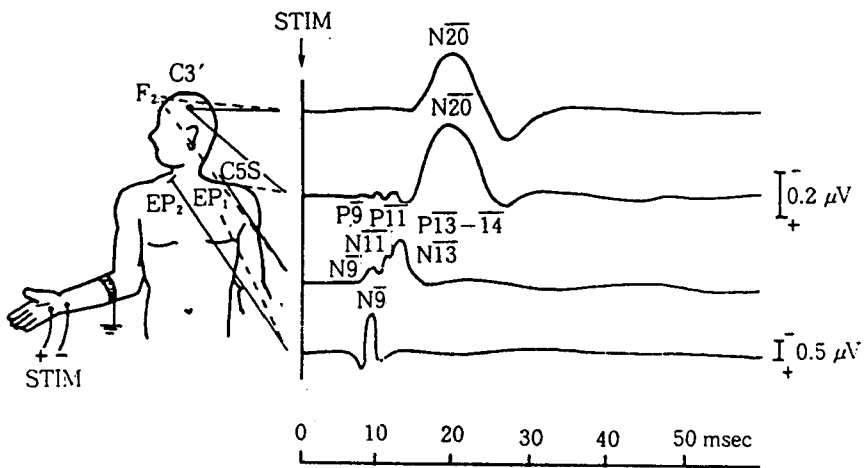


그림 18. 체성감각 유발전위(SEP) 검사

근전도 및 신경전도 검사는 임상에서 근골격계 질환의 평가에 중요한 신경생리학적 결과를 제공해 줄 뿐만 아니라 추적 검사를 통해서 예후를 예측하고 진료의 방향을 설정하는데 필수적이다. 즉 골격근의 이상유무 및 그 골격근을 지배하는 신경의 상태를 자세히 파악함으로써 여러가지 관련되는 질병을 진단하고 치료하고 예후를 판정하는데 핵심적인 정보를 제공할 수 있다.

또한 물리치료분야에서도 근전도와 신경전도 검사를 물리치료 평가에 확장하므로써 정확하게 검정할 수 있으며 이러한 기초적이고 과학적인 전기생리학적 평가 방법의 이용은 물리치료 분야의 발전에 많은 기여를 하게 될 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. 문형남, 정인희 : 근전도의 임상적 응용. 대한의학협회지, 15(6) : 62-68, 1972.
2. 서울대학교 의과대학편 : 신경학. 서울대학교 출판부, PP. 207-240, 1986.
3. 신정빈, 배하석, 전세일, 김성원, 박진석 : 제1천수신경근 병변의 진단에서 가자미근 H파에 관한 고찰. 대한재활의학회지, 20(3) : 638-643, 1996.
4. 이강목 : 임상 EMG 개론. 대한재활의학회지, 1(1), 7-10, 1977.
5. 한태륜, 김진호, 백남중 : H반사의 새로운 진단 기준에 관한 연구. 대한재활의학회지, 17(4) : 473-482, 1993.
6. 한태륜, 백남중, 이시욱, 김돈규, 정선근 : 신경근 병변에서의 F파의 변화에 관한 실험적 연구. 대한재활의학회지, 19(4) : 689-693, 1995.
7. Aminoff, M.J. : Electromyography in Clinical Practice : Electrodiagnostic Aspects of Neuromuscular Disease, 2nd ed., Churchill Livingstone, 1987.
8. Chiappa, K.H. : Evoked Potentials in Clinical Medicine. 2nd ed., Raven Press. New York, 1987.
9. Dawson, G.D. : Investigations on a patient subject to myoclonic seizures after sensory stimulation. J Neurosurg Psychiatry 10 : 141, 1947.
10. Dawon, G.D. : The relative excitability and conduction velocity of sensory and motor nerve fibers in man. J. Physiol., 131 : 436, 1956.
11. Goodgold, J. and Eberstein, A. : Electrodiagnosis of Neuromuscular Diseases. Balimore, Williams & Wilkins, 1972.
12. Hodes, R., Larrabee, M.C. and German, W. : The human electromyogram in response to nerve stimulation and the conduction velocity of motor axons. Arch. Neurol. Psychiatr., 60 : 340, 1948.
13. Johnson, E.W. : Practical Electromyography, 2nd ed., Baltimore, Williams & Wilkins, 1988.
14. Kimura, J. : Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle : Principles and Practice. 2nd ed., Philadelphia, F.A. Davis, 1989.
15. Kottke, F.J., Stillwell, G.K. and Lehmann, J.F. : Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation. 3rd ed., W.B. Saunders, pp. 56-85, 1982.
16. Licht, S. : Electrodiagnosis and Electromyography. 2nd ed. Elizabeth Licht, pp. 286-411, 1968.
17. Livenson, J.A. : Peripheral Neurology, Case Studies in Electrodiagnosis. 2nd ed., Illustrations by Hugh Thomas, 1991.
18. Livenson, J.A. and Ma, D.M. : Laboratory Reference for Clinical

- Neurophysiology. Philadelphia, F.A. Davis, 1992.
19. Murakami, K and Toyokura, M : F-wave study in patients with lumbosacral radiculopathies. *Electromyogr-Clin-Neurophysiol.* Jan-Feb : 37(1) : 19-26, 1997.
 20. Nelson, R.M. : *Electrophysiologic Evaluation.* In : *Clinical Electrotherapy.* Appleton-Century-Crofts, pp. 243-257, 1987.
 21. Oh, S.J. : *Electromyography.* Neuromuscular Transmission Studies. Baltimore, Williams & Wilkins, 1988.
 22. Piper, H : Weitere Mitteilungen ber die Geschwindigkeit der Elregungsleitung im markhaltigen menschlichen Nerven. *pflugers Arch Ges physiol* 127 : 474-480, 1909.
 23. Portney, L.G. : *Electromyography and Nerve conduction velocity tests.* In : *Physical Rehabilitation.* 2nd. ed., Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, pp. 159-192, 1988.
 24. Posuniak, E.A. : *Electrodiagnosis and nerve conduction studies.* *Clin Podiatry,* Aug 1 : 1(2) : 279-290, 1984.
 25. Proebster, R. : *ber Muskelaktionsstr me am gesunden und kranken Menschen.* *Zeitschr. orthop. Chir.,* 50 : 1, 1928.
 26. Sethi, R.K. and Thompson, L.L. : *The Electromyographer's Handbook.* 2nd ed., Little, Brown, 1989.
 27. Walk D, et al. : *Somatosensory evoked potentials in the evaluation of lumbosacral radiculopathy.* *Neurology,* jun 1 : 42(6) : 1197-1202, 1992.
 28. Wolf, S.L. : *Electromyographic Biofeedback.* In : *Clinical Electrotherapy.* Appleton-Century-Crofts, pp. 259-272, 1988.