대한 근전도 · 전기진단의학회지 2(1):1~9, 2000.

전기진단 검사에서 발생할 수 있는 오류

고려대학교 의과대학 재활의학교실

권 희 규

– Abstract –

Electrodiagnostic Pitfalls

Hee Kyu Kwon, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, College of Medicine, Korea University

Nerve conduction studies and needle electromyography are the two basic component of the electrodiagnostic assessment. The clinical evaluation of electrophysiologic signals that forms the basis of electrodiagnostic medicine is subject to a number of potential errors. These are errors related to the electrodiagnostic examination and interpretative and judgement errors. Errors related to the electrodiagnostic examination include technical and basic documentation errors. Interpretative and judgement errors are composed of anatomic, physiologic, and diagnostic judgement errors. The pitfalls of the needle examination is also included in this category. Some errors are important because of the frequency with which they occur, whereas others are important because of the resultant consequences.

In this review, potential error thought to be most important are discussed either because of their frequency of occurrence or because of the consequences of their appearance.

Key Words : Technical error, Documentation error, Interpretative error, Judgement error

서 론

신경전도 검사와 침 근전도 검사는 신경-근육계의 질환을 진단하기 위해 사용되어져 왔다. 의학 기술이 빠르게 발전하고 있는 지금, 신경전도 검사와 침 근전도 검사는 단순하게 보일 수있다. 그러나 결과의 해석은 간단하지 않다.

전기 진단 검사의 기본이 되는 전기 생리 소견의 임상적 평가에는 몇가지 오류의 가능성이 있다. 이에는 기술적, 해부학적, 생리학적인 오류와 검사 과정 및 해석의 문제가 포함된다. 기술적 문제는 기계와 관계된 것이고, 해석의 문제는 중요한 해부학적, 생리학적 소견을 인지못하거나 판단이 잘못 되었을 때 발생한다. 어떤 오류는 흔히 발생하는 것이기 때문에, 또 다른 오류는 결과 해석에 중요하므로 문제가 된다. 즉 흔히 발생하는 오류는 결과에 큰 영향을 초래하지는 않지만 다른 경우에는 결과에 영향을 주어 치료 가능한 병을 인지하지 못할 수 있고, 또한 진단을 내리지 못해 필요없는 검사를 하게 되는 예도 있다.

진단의 오류는 크게 두가지로 나눌 수 있다. 첫째는 실제 존재하는 문제를 확인하지 못하는 경우, 둘째는 실제로 없는 문제를 존재하는 것으로 해석하는 것이다.[1] 본

고려대학교 의과대학 재활의학교실
Address reprint requests to **Hee Kyu Kwon, M.D.**
Department of Rehabilitation Medicine, Korea University College of Medicine,
#126-1 Anam-dong 5-ga, Sungbuk-gu, Seoul, 136-075, Korea
Tel : 82-2-920-5463, Fax : 82-2-929-9951, e-mail : hkkwon97@chollian.net

논문에서는 가능한 모든 오류에 대해서 논의될 수는 없으나 근전도 검사에서 자주 경험하거나 그 결과가 중요한 오류들을 중심으로 설명하고자 한다.

본 론

1. 근전도 검사와 관련된 오류

1) 기계와 관련된 기술적 오류

(1) 눈금 조절

최근의 근전도 기계들은 자동화되어 있으나 기계로 인한 오류들이 발생할 수 있다. 따라서 자동적으로 측정되는 진폭, 잠시가 정확한지 근전도 기계를 정규적으로 점검해야 한다. 눈금 조절 인한 오류는 기록된 결과에서 진폭, 잠시, 전도 속도의 의미가 일치하지 않아 확인될 수 있으며 검사자는 기계에 의해 측정된 진폭, 잠시를 검사 당시 매번 확인하여야 한다.

(2) 주파수 여과 범위

주파수 여과 범위는 low-frequency filter와 high-frequency filter로 이루어져 있다. Low frequency filter는 다른 말로 high pass filter라고 하며 이는 high frequency의 파형은 모두 통과시키나 정해진 범위 이하의 low frequency 파형은 제한한다. 반면 high frequency filter는 low pass filter라고도 하고 이는 low frquency의 파형은 모두 통과시키나 high frequency의 파형은 제한한다.[2]

모든 생물학적 신호(signal)는 여러 가지 진폭의 high frequency와 low frequency의 성분으로 구성되어 있다. 이는 파형 형태의 아구성요소(subcomponent)라고도 불리운다.[2] 따라서 주파수 여과에 대한 기본적인 이해가 없어 이를 잘못 선정하였을 때는 얻어진 파형의 변형을 초래할 수 있다. Low frequency filter는 1~500 Hz 사이로 조절할 수 있고 이를 너무 높게 하면 전위의 기시 잠시는 변하지 않으나 정점잠시가 짧아지고, 음성극파의 기간은 짧아지며, 진폭의 감소를 보인다. 또한 전위의 마지막에 하나의 상(phase)이 추가된다(Fig. 1).[2,3] High frequency fiter는 500 Hz~10 KHz 사이로 조절하며, 이를 너무 낮게 하면 전위의 기시잠시와 정점잠시가 지연되고, 진폭의 감소를 보일 수 있으나 그 정도는 작으며 전위의 뒤에 하나의 상이 추가될 수 있다(Fig. 2).[2,3] 이러한 사항들을 근거로 각 검사에서 다음과 같은 주파수 여과 범위를 권유하고 있다. 운동신경 전도검사 2 Hz~10 KHz, 감각신경 전도검사 2 Hz~2 KHz, 그리고 침 근전도 검사에서는 low frequency filter를 2~3 Hz, 그러나 안정된 기저선을 얻기 위해서는 20 Hz를 추천하고, high frequency filter는 20 KHz또는 10 KHz를 권유한다.[2]

(3) 기록 전극의 요인

기록 전극의 표면의 크기와 진폭은 역비례 관계에 있어 표면의 크기가 작을수록 진폭이 크다.[4,5] 따라서 검사를 반복할때는 같은 기록 전극을 사용하여야 그 결과를 정확히 비교할 수 있으며 검사 당시 기록 전극을 고정하는 문제는 중요하고 이는 반복 자극 검사에서 특히 중요하다.[5]

기록 전극의 위치는 운동신경 전도검사에서는 활성 전극을 근복에, 참고 전극을 건에 두고 감각신경 전도검사에서는 신경 주행에 따라 활성, 참고 전극을 두며 두 전극 사이의 거리가 중요하여 4 cm 간격일 때 최대 진폭을 얻을 수 있다. 이에 대한 가설은 다음과 같다. 활성 전위의 음성 극파의 기간이 0.8 msec, 전도속도가 50 m/sec 이라고 가정할 때 음성 극파의 기간인 0.8 msec를 충분히 기록하기 위하여는 두 전극이 4 cm 간격이 되어야(4 cm / 0.8 msec) 참고 전극 기록에 의한 상 상쇄(phase cancellation) 없이 활성 전극이 최대의 진폭을 기록하게 된다는 것이다(Fig. 3).[3,6] 만일 기록 전극사이의 거리가 4

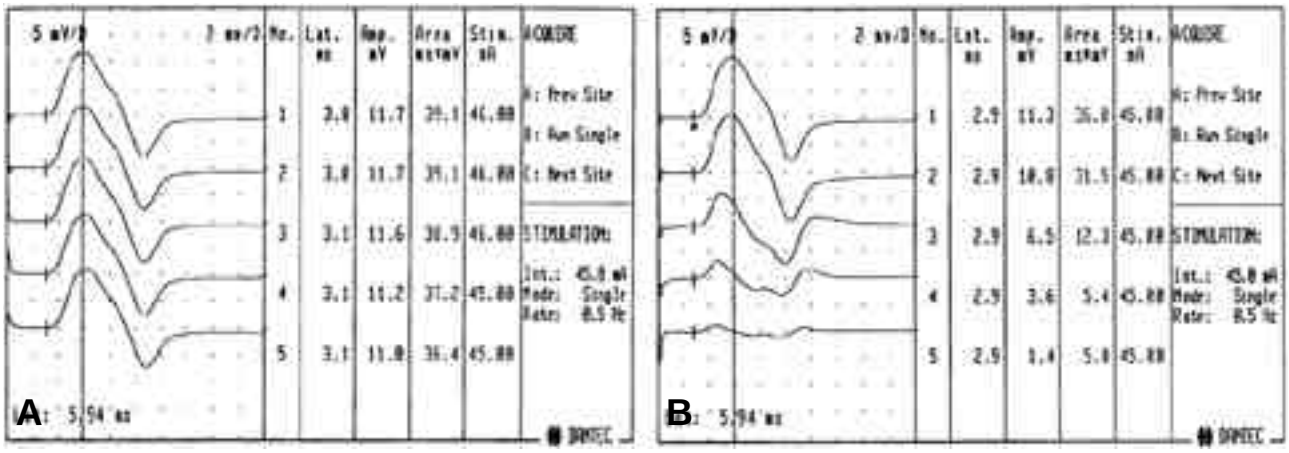

Fig. 1. High and low frequency filter effects on motor action potentials (CMAPs). A) CMAPs after modification of high frequency filter (HFF). From the top trace, 10 KHz, 5 KHz, 2 KHz, 1 KHz and 0.5 KHz; low frequency filter (LFF), 1 Hz. B) CMAPs after elevation of LFF. From the top trace, 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 300 Hz; HFF, 10 KHz.

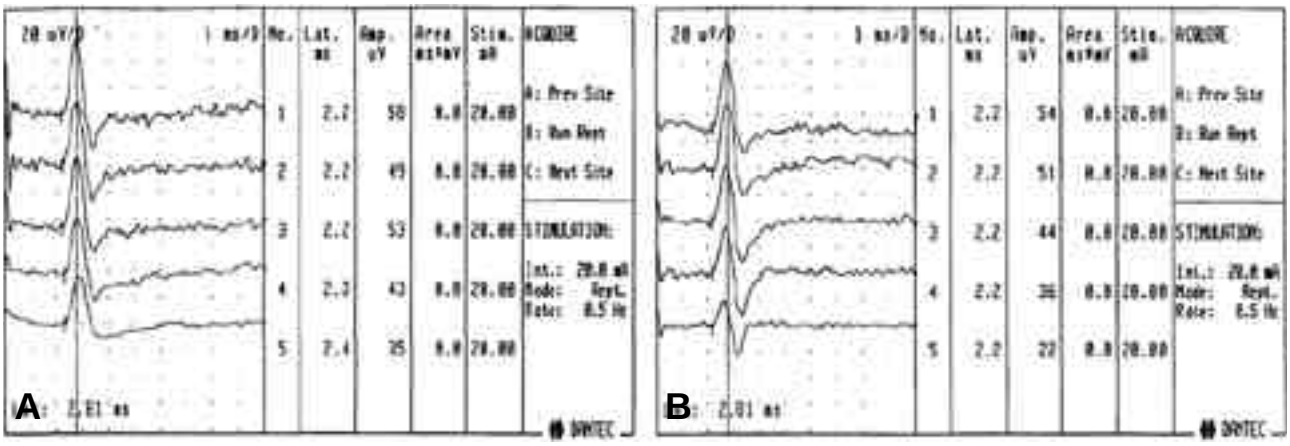

Fig. 2. High and low frequency filter effects on sensory nerve action potentials (SNAPs). A) SNAPs after modification of high frequency filter (HFF). From the top trace, 10 KHz, 5 KHz, 2 KHz, 1 KHz, and 0.5 KHz; low frequency filter (LFF), 1 KHz. B) SNAPs after elevation of LFF. From the top trace, 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 300 Hz; HFF, 10 KHz.

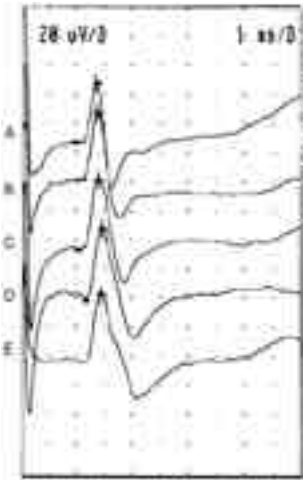

Fig. 3. Median sensory action potentials recorded in different interelectrode distance Onset latency; Peak latency; Baseline to peak amplitude; Duration: A (1 cm), 2.3 ms; 2.7 ms; 41 uV; 0.9 ms: B (2 cm), 2.3 ms; 2.8 ms; 43 uV; 1.2 ms: C (3 cm), 2.3 ms; 2.8 ms; 46 uV; 1.4 ms: D (4 cm), 2.3 ms; 2.9 ms; 49 uV; 1.7 ms: E (5 cm), 2.3 ms; 2.9 ms; 49 uV; 1.9 ms

cm 이하이면 기시 잠시는 영향을 받지 않으나 진폭이 감소되고, 정점 잠시가 단축되는 결과가 온다.[2,3] 따라서 감각신경 전도검사를 시행할 때 4 cm의 기록 전극간 거리를 유지하여야 하며 반복해서 검사할 때도 이 점을 유의하여야 한다.

(4) 자극 전극의 요인

음극과 양극의 위치가 바뀐 경우 양극차단(anodal block)이 발생 하는 것으로 알려져 있으나 이는 높은 강도의 자극을 준 동물 실험에서는 관찰되나 임상에서 사용하는 기계에서 환자가 견딜 수 있는 정도의 전기 자극을 주게 될 때는 일어나지 않는다.[7] 그러나 두 전극의 위치가 바뀜으로써 거리 측정이 잘못되어 오류가 발생할 수 있으므로 주의를 요한다.[6]

자극 전극 역시 고정이 중요하며 자극 위치가 일정하도록 주의해야 하며 원위부에서 근위부에 이르는 자극을 할 때 각 자극 위치 사이의 거리는 10 cm 이상일 때 오차가 적으며 그 이하일 때는 오차의 가능성이 높아진다. 또한 원위부, 근위부 전위의 잠시는 같은 소인 속도(sweep speed)에서 측정되어야 한다.[2]

자극할때 전극에 젤(gel)을 많이 사용했거나 환자가 땀을 많이 흘려 양극과 음극 사이에 electrolye bridge, 즉 salt bridge가 형성된다면 전류가 피부하의 신경을 자극하기 보다는 전기가 피부면을 따라 흐르므로 실제 신경에는 최대하 자극이 주어질 수 있어 주의를 요한다.[5] 반면에 전기 자극을 지나치게 주게 되면 실제 음극의 위치보다 원위부의 신경을 자극하게 되므로 잠시가 단축될 수 있고 주위에 있는 다른 신경을 함께 자극할 수 있어 자극 강도의 조절을 요한다.[2]

또한 중요한 것은 자극 인공음영(stimulus artifact)으로 이로 인해 전위의 잠시 측정에 오차가 생길 수 있고 감각신경 전위의 경우에는 잠시 뿐 아니고 진폭 측정에도 오차가 생길 수 있다. 이를 감소시킬 수 있는 방법으로는 땀을 제거하고 많은 젤을 사용하지 않도록 하는 것, 접지 전극을 기록과 자극 전극 사이에 두는 것, 피부의 저항(impedence)을 줄이는 것, 최대 진폭을 얻을 수 있는 최소의 자극 강도를 유지하는 것, 그리고 필요한 경우 자극의 음극 전극의 위치는 일정하게 하고 이를 중심으로 양극 전극을 움직여 보는 것 등이 있다.[2]

(5) 잠시와 진폭의 측정

신경전도검사에서 여러 분절을 검사할 때는 같은 방법을 사용하여야 하며 잠시와 진폭은 같은 감응도(sensitivity)와 소인 속도(sweep speed)에서 측정되어야 한다.

복합 운동활동전위(compound motor action potential)의

기저선에서 정점까지의 진폭은 20 cm 이내의 거리에서 자극하고 측정하였을 때 그 감소율은 20~25% 이하이고[8] 양측의 차이는 20~33% 정도이다(Fig. 4).[9-11]

감각신경 활동전위의 양측 차이는 운동신경과 비슷하나 거리에 따른 진폭 변화율은 복합 운동활동전위보다 훨씬 크다(Fig. 5).[12]

(6) 주변 기기나 환경으로부터의 전기적 간섭

전기적 간섭은 특히 작은 진폭의 감각 신경 전위를 기록할 때와 침 근전도 검사에서 문제가 된다.[1] 그 예로 여러 근육에서 기록되어 설명이 되지 않는 세동전위가 있는데 이는 심장박동기를 장착하고 있는 환자에서 볼 수 있으나 리듬을 관찰하고 침전극 움직임과 관계 없음을 보아 분별할 수 있고, 부적절한 접지에 의한 간섭으로도 초래되는데 이 경우에는 high input impedence가 기계의 internal clock을 감지하게 되고 이것이 세동전위로 오인될 수 있다.

2) 기본적인 문서상 오류

(1) 의뢰(referral)

근전도 검사 결과지에는 환자의 등록번호, 연령, 신장, 체중, 성별, 그리고 증상과 임상소견을 포함하여야 한다.[1]

(2) 검사 과정(procedure)

신경전도검사에 대해 검사 부위의 체온, 기록 전극의 위치, 자극 위치, 거리, 평균화법의 사용 여부, 그리고 정상치에 대한 정보가 있어야 한다. 침 근전도 검사에서는 검사한 근육을 확인하고 삽입 전위, 비정상 자발 전위의 유무와 운동활동전위의 진폭, 기간 그리고 형태에 대하여 기록하여야 한다.[1]

(3) 검사 결과지

결과지의 가장 중요한 부분은 해석(interpretation)이다. 이때 해석상 발생할 수 있는 오류도 기록해 주어야 한다. 그러나 치료 또는 관계없는 검사등에 대한 불필요한 언급은 하지 않아야 한다.[1]

2. 해석 또는 판단의 오류

1) 해부학적 요소

해부학적 요소로는 신경지배의 이상을 생각해 볼 수 있으며 신경전도 검사를 시행하여 조사할 수 있다.

(1) Martin-Gruber 문합(anastomosis)

전완부에서 정중 신경의 일부 섬유가 척골 신경으로 합류되는 것을 이르며 이는 정중 신경의 복합근활동전위의 진폭이 완관절부 자극보다 주관절부 자극에서 클 때 의심할 수 있으며, 무지구 근육(thenar muscle)에 기록전극을 두고 척골신경의 완관절 자극에서 전위가 기록되나 주관절 자극에서는 기록되지 않는 것으로 확인할 수 있다. 이로 인해 발생할 수 있는 오류로는 다음의 경우들을 생각해 볼 수 있다.[5]

첫째, 수근관 증후군에서 정중운동신경의 원위부 잠시가 지연되고, 주관절 자극에서는 척골신경 지배를 받는 근육에서 기록되는 전위에 의해 정상 잠시를 보일 때 전완부의 전도속도는 가성으로 빨라질 수 있다.

둘째, 완전 척골신경 병변이 문합의 근위부에 있을 때 척골신경 지배 수지부 근육의 침근전도에서 이상을 보이나 기능이 남아 있으므로 불완전 병변으로 해석될 수 있다.

셋째, 전주와(antecubital fossa)에서 정중신경의 완전 손상이 있을 때 척골신경지배 수부근육에 근약증을 보이고 침 근전도에서 이상 소견을 보여 정중신경과 척골신경 병변이 공존하는 것으로 잘못 해석될 수 있다.

넷째, 원위부 상완이나 근위부의 전완부에 척골신경 병변이 있을 경우 소외지신전근에서 기록된 전위가 완

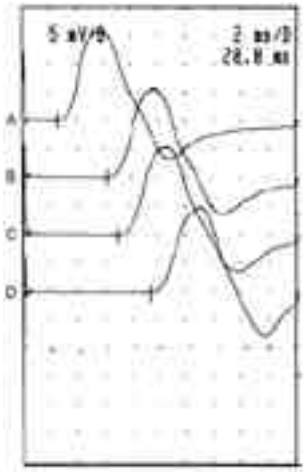

Fig. 4. Segmental motor conduction study. Stimulation site: A, wrist (15.6 mV); B, elbow (15.5 mV); C, above elbow (15.3 mV); D, axilla (15.2 mV).

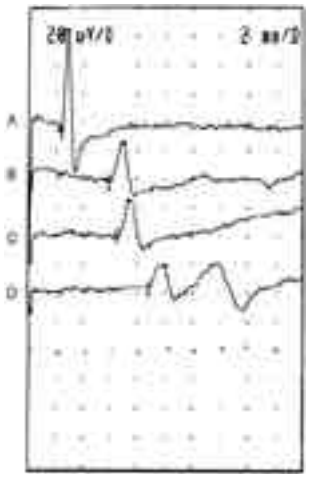

Fig. 5. Segmental sensory conduction study. Stimulation site: A, wrist (69 uV); B, elbow (27 uV); C, elbow (24 uV); D, above elbow (14 uV).

관절부 척골신경 자극에서는 기록되나 주관절 자극에서는 기록되지 않는다.

(2) Riche-Cannieu 문합

수부에서 정중신경의 회귀성(recurrent) 운동신경과 척골신경의 심부 운동신경 분지가 문합을 이루는 것이다. 따라서 정중신경에 의해 지배를 받는 외측 무지구 근육(thenar muscle)을 척골신경이 일부 또는 전체를 지배할 수 있다. 따라서 정중운동신경의 복합근활동전위 진폭이 완관절과 주관절 자극에서 모두 감소되어 있으나 임상적으로는 정상근력을 보이고 침 근전도에서도 정상소견을 보인다.[5]

이로 인해 보일 수 있는 소견으로는 척골신경 주관절부 병변에서 정중신경 지배영역인 무지구 근육의 침 근전도에서 비정상 자발전위를 나타내고, 정중 신경이 완관절부에서 완전 손상되었을 때 정중신경 지배 영역의 무지구 근육에서 비정상 자발전위를 보이나 복합근 활동전위는 관찰할 수 있다는 것이다.[5]

(3) 부비골신경(accessory peroneal nerve)

천비골신경에서 운동신경 분지를 내어 외과 뒤를 돌아 단지신근(external digitorum brevis)을 지배하는 것을 이른다. 이는 슬관절 자극에서보다 족관절 자극에서 복합근활동전위의 진폭이 낮을 때 의심해 볼 수 있으며 외과 뒤에서 자극하였을 때 단지신근에서 기록된 복합근활동전위를 관찰함으로써 확인할 수 있다. 이 경우 생길 수 있는 오류의 예는 다음과 같다.[5]

첫째, 슬관절과 족관절 사이의 비골신경에 축삭의 완전한 손상이 있는 경우, 슬관절 자극에서는 복합근 활동전위가 기록되고, 족관절 자극에서는 기록되지 않아 불완전 손상으로 오인될 수 있다.

둘째, 비골두에서 부분 전도차단이 있는 경우 슬와(popliteal fossa) 자극에서 뿐 아니라 족관절 자극에서도 진폭이 감소되어 순수한 전도차단이 아니고 부분적인 축삭병변이 있는 것으로 잘못 판단될 수 있다.

셋째, 하퇴의 중간부위의 비골신경 병변일 때 족관절 신전과 족지신전의 근약증을 보이는 반면 단지신근의 기능은 유지되어 있어 혼돈을 초래할 수 있다.

2) 생리학적 요소

(1) 환자의 연령

4세 이하에서는 축색의 직경이 작고 수초(myeline)가 얇기 때문에 전위의 진폭이 작고 잠시는 지연되며 전도속도는 표준치보다 감소되어 있다. 또한 60세 이상의 노인에서는 H 반사, 비복신경 전위등이 양측에서 모두 유발되지 않는 경우가 있고 전위의 진폭이 작고, 전도속도가 감소되는 경향을 보인다. 따라서 표준 정상치는 각 연령대 별로 구하는 것이 바람직하다.

(2) 환자의 성별

여자에서 감각신경 전위의 진폭이 크고 잠시가 짧은 것으로 알려져 있다. 이는 여자에서 남자에 비해 수지의 둘레가 작기 때문으로 생각된다.

(3) 키와 상,하지 길이

키가 크거나 상,하지의 길이가 긴 경우 운동신경 전도속도가 늦은 것으로 보고되었다. 이에 대해 키와 비례한 자극 전달 속도의 감소와 하지 원위부의 낮은 체온으로 설명된다.

(4) 온도의 영향

신경전도 검사에서 온도의 영향은 가장 중요하며 조절이 가능한 요소이고 이를 고려하지 않을 때 오류가 흔히 발생한다.

온도에 의한 영향은 대체로 전위의 진폭 증가, 전도속도 감소, 그리고 잠시의 지연을 보이는 것이다(Fig. 6).[1] 이 같은 현상은 소디움 통로(sodium channel) 개방 시간의 지

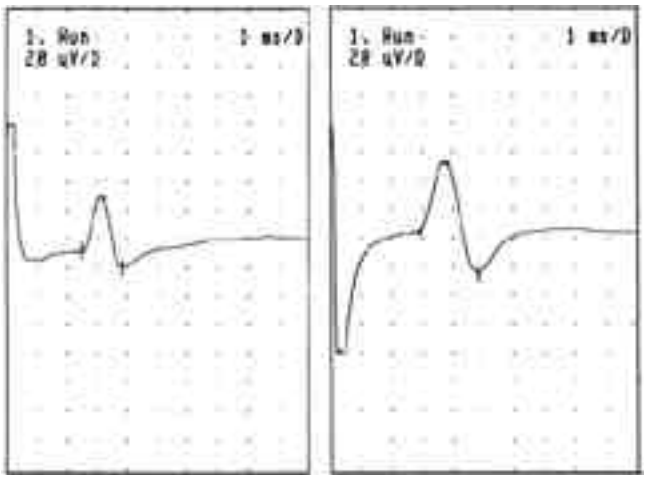

Fig. 6. Median sensory action potentials recorded at 34°C (A) and 28°C (B). A: onset latency, 2.5 msec; amplitude, 38 uV B: onset latency, 2.9 msec; amplitude, 50 uV.

연, 즉 소디움의 비활성화(sodium inactivation)가 느려지기 때문이다. 그러나 부분냉각과 전체적인 냉각에서 조금 차이를 보일 수 있어 부분 냉각일 때는 전도속도에 미치는 영향은 비교적 작고, 잠시와 전위의 지속기간이 증가되며 진폭은 많은 증가를 보이는 반면 전체 냉각일 때는 전도속도 감소의 정도는 크나 시간성 산포(temporal dispersion)에 의해 진폭은 오히려 조금 감소될 수 있다.

신경-근 접합부 병변의 진단을 위한 운동신경의 반복자극 검사에서도 온도에 의한 오류가 발생할 수 있다. 온도가 감소되면 가음성(false negative)의 소견을 보일 수 있는데 이는 다음과 같은 기전에 의한다. 첫째 각 자극에 의해 분비되는 아세틸콜린의 감소, 둘째, 저장된 아세틸콜린의 이동 촉진(mobilization facilitation), 셋째, 아세틸콜린의 분해 감소, 그리고 넷째, 아세틸콜린 수용체의 민감도 증가이다.

(5) 검사시기

침 근전도 검사를 시행할때는 가음성의 결과가 초래되지 않도록 적절한 검사시기를 선택해야 함이 중요하다. 축삭 손상형 신경병증의 경우, 검사시기를 크게 네 가지 시기로 나누어 예상되는 소견을 정리하면 다음과 같다.[1]

① 신경손상 직후

병변의 근위부 자극에 의해서는 운동, 감각 신경활동전위가 유발되지 않고, 원위부 자극에 의해서는 정상적인 운동과 감각 신경 활동전위가 기록된다.

② 신경손상 2일 후

병변의 원위부 자극에서 운동 및 감각 신경 활동 전위가 감소되기 시작하여 1주 이내에 소실된다. 이러한 변화는 운동신경에서 먼저 나타나는데 이는 신경-근 접합부의 기능상실 때문이다.

③ 손상 후 몇 주간의 변화

손상 후 몇 주간에는 침 근전도 검사에서 변화가 나타난다. 병변과 얼마나 가까이 위치하느냐에 따라 달라 7~10일 이내에 이상 소견이 보일 수도 있고 3주 또는 그 이후에도 이상 소견이 보이지 않을 수도 있다. 초기에는 삽입전위의 증가와 양성세각파, 그리고 소량의 세동전위가 나타나기 시작하나 시간이 경과하면서 다량의 양성세각파와 세동전위를 보인다.

④ 신경재생기

신경재생기의 초기에는 진폭이 낮고 지속기간이 긴 다상성 운동전위를 보이고 비정상 자발전위는 감소한다. 이러한 소견은 임상적으로 신경재생의 소견이 관찰되기 이전에 보인다. 신경재생이 진행되면서, 운동단위활동전위의 진폭이 증가하나 재생된 축삭의 수가 감소되어 있는 한은 점증원(recruitment pattern)은 증가되어 있다. 시간이 경과하면서 신경전도검사에서 낮은 진폭의 운동 및 감각 신경전위가 기록되기 시작하는 것을 관찰하게 된다.

이러한 축삭 손상 후 시기에 관련된 기본적인 생리학적인 변화를 이해하는 것은 전기진단 검사의 정확한 해석을 하는데 중요하다.

3) 침 근전도에 검사에서 발생할 수 있는 오류

침 근전도 검사는 전기진단검사의 가장 기본적인 부분으로 이로 인한 오류는 크게 세부분으로 나눌 수 있다. 이는 자발전위 검사, 운동단위활동전위 검사, 그리고 검사계획 및 해석이다.[13]

(1) 비정상 자발전위 검사

① 삽입전위의 증가와 세동전위의 단 시간흐름 (brief runs)

삽입전위는 탈신경의 급성기와 근육질환에서 증가된다. 그러나 이는 정상인에서 삽입전위가 평균보다 오랫동안 나타나는 경우와 감별하여야 한다.

삽입전위의 기간에 대해 동일하게 받아들여 지고 있는 정의는 없다. 삽입전위의 기간은 변화하여 수기, 즉 침 전극의 삽입위치, 삽입속도, 그리고 침전극 움직임을 얼마나 갑자기 하느냐에 따라 다르고 첨전극의 크기, 예리한 정도, 그리고 근육의 유연성, 탄력성 등의 물리적 요인에 따라서도 다르다. 삽입전위의 기간은 정상적으로 40~300 usec이고, 침전극 움직임을 멈춘후 2초 이상 전위가 지속되면 비정상 자발전위라고 할 수 있다.[13]

② 세동전위가 한 부위에서만 나타나는 경우

세동전위가 한 근육에서 적어도 두 곳 이상에서 나타날 때 +1의 비정상 자발전위라고 해석할 수 있다.[13] 정상 근육에서도 한 부위에서 세동전위를 보일 수 있어 이러한 경우는 이두박근에서 3.5%, 원위부 근육에서는 10%이므로 주의를 요한다.[14]

③ 족부의 내재성근육(intrinsic muscle)에서의 세동전위

족부의 내재성 근육에서 세동전위가 두개 또는 그 이상의 흐름을 보이는 경우는 그 외 부위에서의 경우보다 진단적 의미가 적어 해석에 주의를 요한다.[13] 1991년 Daube 등은 18세에서 70세 사이의 53명의 정상인을 대상으로 족부 내재성 근육을 검사한 결과 단지신근에서는 13%에서, 소지 외전근에서는 20%에서 두 부위 이상에서 세동전위를 관찰할 수 있었다고 하였다. 이는 신발 등에 의한 경미한 외상이나 말초신경의 정상적인 노화현상에 의할 수 있다.

④ 이상성 종판전위(biphasic end plate potential)

일반적으로 이상성 종판전위는 첫 음성 편향을 보이고 세동전위는 첫 양성 편향을 보이나 동심성 침전극(concentric needle electrode)을 사용하는 경우에는 참고전극인 캐뉼러(cannula)가 기록 전극으로 작용할 수 있어 극성(polarity)이 반대가 될 수 있다. 그러나 이 전위를 감별하는 중요한 두가지 요소가 있다. 첫째는 이상성 종판전위는 불규칙하고 세동전위는 규칙적이라는 것이고, 둘째는 침전극 위치에 대한 환자의 반응이다. 즉 침

전극이 종판에 가까이 위치한 경우에는 통증을 호소한다는 것이다.

⑤ 인공 음영(artifacts)

몇가지의 인공음영들은 비정상 자발전위와 혼돈을 일으킬 수 있다. 대표적인 것으로 투열치료(diathermy), 형광등(fluorescent light)에 의한 인공음영이 복합연속방전(complex repetitive discharge)으로, 그리고 활석이 덮여진 장갑(talc-covered glove)에 의한 인공음영이 세동전위로 오인될 수 있다.[13]

⑥ 세동전위를 급성 탈신경의 특이한 소견으로 잘못 해석하는 경우

세동전위가 급성 탈신경 질환에서 흔히 관찰되기 때문에, 근육 질환에서도 나타날 수 있다는 것을 잊기 쉽다. 그러므로 세동전위가 관찰될 수 있는 여러 경우들을 모두 포함해서 생각하여야 한다.

(2) 운동단위활동전위 검사

① 연속된 두 개의 운동단위를 한 개의 다상성 전위로 판독

두 개의 운동단위가 겹쳐진 경우 이를 긴 기간의 다상성 전위로 판독하지 않기 위해서는 같은 모양 다상성 전위를 적어도 두개 이상 관찰하여 하나의 운동전위라는 것을 확인하여야 한다(Fig. 7).

② 표본 크기

충분한 근육을 검사하지 않으면 가 양성 또는 가 음성의 결과를 초래할 수 있다. 근육의 가장 자리에서만 검사를 한 경우에는 다상성 전위의 비율이 많아 가 양성의 해석을 할 수 있고[13] 그렇지 않은 경우에는 불충분한 검사로 인해 가 음성의 결과를 가져온다. 반면에 많은 표본을 검사하면 환자가 불편하고 검사 시간이 소요되는 문제가 있을 수 있다. 그러나 해석에 의심이 있는 경우에는 충분한 표본을 검사하는 것이 가 양성 또는 가 음성의 결과를 초래하지 않기 때문에 더 낮다.

③ 큰 진폭의 세동전위와 작은 진폭의 운동단위활동전위

큰 진폭의 세동전위는 반드시 이상성(biphasic) 전위가 아니고 삼상성(triphasic) 또는 그 이상일 수 있고, 진폭도 200 uV 이상, 지속기간도 5 usec 이상일 수 있으며,[15] 근육질환에서의 운동단위활동전위는 진폭이 작아 감별을 요한다. 이를 감별하기 위해서는 근수축의 정도를 증가 또는 감소시키면서 전위의 발현 빈도를 관찰함으로써 알 수 있다. 빈도에 변화가 오는 경우는 운동단위 활동전위로 해석할 수 있다.

④ 노인에서 운동단위전위의 진폭

연령이 증가하면서 운동단위 활동전위의 진폭과 지속기간이 증가될 수 있으므로 그에 대한 표준치를 다르게 적용하여 해석하여야 한다[15,16].

⑤ 점증원(recruitment)

점증원이란 근수축의 정도를 증가시킴에 따라 같은 운동단위 또는 추가의 운동 단위가 순위적으로 활동화되는 것을 의미한다[17-19]. 점증원 양상을 해석하는 것은 전기진단 검사에서 어려운 부분 중 하나이나 신경병증, 근육병증에 따라 다른 양상을 나타내는 예민한 소견이므로 매우 중요하다.[18-21] 점증원 간격(recruitment interval)이란 두 번째의 운동단위활동전위가 활성화되기 시작할 때 첫 번째 활성화되었던 운동단위활동전위의 간격을 말한다.[13,18,19] 정상에서는 첫 번째 운동단위 활동전위가 100 msec의 점증원 간격일 때, 즉 10 Hz의 점증원 빈도(recruitment frequency)일 때 두 번째 운동단위 활동전위가 활성화된다.[9,18] 그러나 첫 번째 운동단위 활동전위의 점증원 빈도가 15 Hz일 때까지 두 번째 운동단위 활동전위가 나타나지 않으면 점증원이 감소되었음을 의미하고 이는 하부운동원의 병변에서 보이는 소견이다.[13,18,19]

조기 또는 빠른 점증원이라는 용어는 최소의 수축에서도 3개 이상의 운동단위가 활성화되는 것을 의미하며[16]

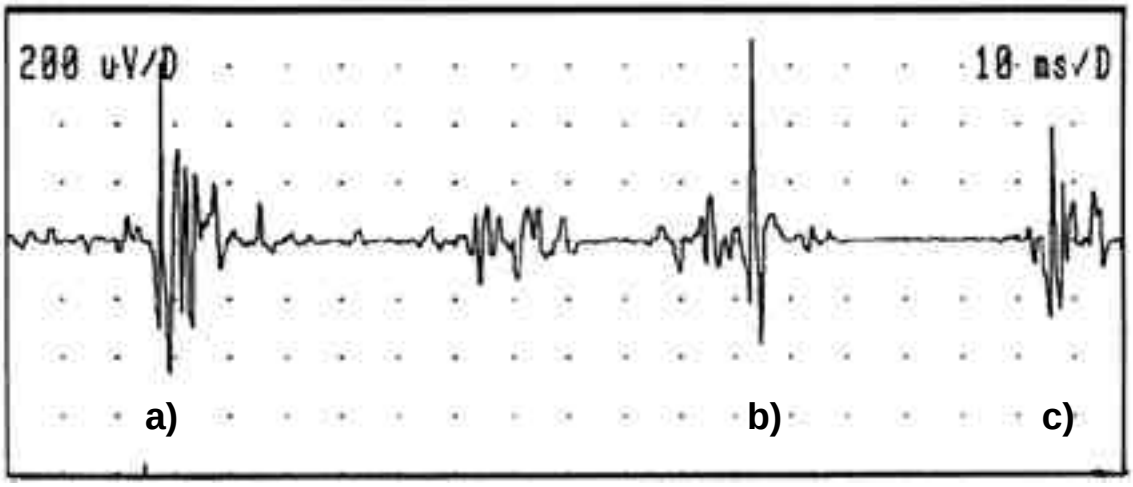

Fig. 7. Monopolar recording of tibialis anterior in a patient with L4 radiculopathy. Two motor unit potentials (b and c) overlap, giving the appearance of polyphasic motor unit potential (a).

근육병증에서 주로 볼 수 있으며 간혹 상부 운동원 병변에서도 볼수 있다.[13]

⑥ 간섭 현상(interference pattern)

간섭현상이라 최대의 수축 상태에서 기록되는 전기적 활동도를 말한다. 간섭양상을 조사하는 것도 간과해서는 안되는 또 하나의 요소이다. 간섭양상은 임상적 근약증과 상관관계를 가진다. 따라서 근력이 4/5인 경우 간섭 양상은 감소한다. 운동단위 활동전위가 소실되면 간섭양상은 감소되고 근육병증에서는 간섭양상은 정상이나 진폭이 감소한다. 중추신경병변에서 근수축이 감소하면 활성화된 운동단위 활동전위의 수도 감소하고 각 전위의 최대 발화빈도(firing frequency)도 감소한다. 따라서 각 운동단위 활동전위의 발화빈도가 하부운동원 병변에서는 40 Hz 이상이고 상부운동원 병변에서는 10~30 Hz인 것으로 구별할 수 있다.[13]

(3) 검사 계획 및 해석

검사 계획과 해석에 의한 오류를 방지하기 위해서는 다음과 같은 사항은 피해야 한다. 첫째, 임상적 인상에 근거하여 검사를 계획하지 않는 것, 임상적 인상이 직접 결과와 결론에 영향을 주는 것, 둘째, 나타나는 소견에 따라 검사 계획에 변화를 주지 않고 일정한 형식(protocol)에 따르는 것, 그리고 셋째는 근육을 너무 많이 또는, 적게 검사하는 것이다.[13]

4) 진단에 대한 판단 오류

(1) 생략 또는 누락에 의한 오류

진단의 오류 중 첫 번째는 생략에 의한 것이다. 그 예로 불충분한 자료로 결론을 내리는 일이다. 이러한 오류는 검사를 시행하기 전에 적절한 임상평가를 시행함으로써 피할 수 있다. 최상의 근전도 검사자는 검사를 시작하기 전에 해답을 알고 그것을 감별진단하는데 중점을 두고 검사하는 것이다.

부족한 검사로 인해 해석의 잘못을 가져오는 경우로써, 국소병변, 전반적 병변 그리고 다수의 국소병변을 구분하지 못하는 경우, 신경전도 검사를 충분히 시행하지 못한 경우, 그리고 침 근전도 검사를 충분히 시행하지 못한 경우 등이 있다.[1]

(2) 판단 오류[1]

① 임상적 의의가 불분명한 소견에 의존하는 경우

예 1) 감각신경 전위의 진폭은 감각신경 축색의 일부만 손상 받아도 영향을 받아 기록되지 않거나 전위가 소실되는 것을 생각할 때 감각신경 전위는 기록되나, 운동신경 전위가 소실되거나 그 진폭이 낮으면 그 결과에 대해 다시 고려하고 조심스럽게 해석하여야 한다.

예 2) 수근관 증후군 진단에서 정중 감각신경 전위의 진폭의 감소와 원위 잠시의 지연이 경계 수준 정도인 경우에는 환자의 직업, 신장, 체중, 성별, 연령, 그리고 당뇨병의 유무등을 조사하여야 한다. 왜냐하면 이러한 요인들이 있을 경우 표준치가 다를 수 있기 때문이다.

② 감별진단을 충분히 하지 않은 경우

한 예로 “consistent with”라는 표현이 틀리지는 않으나 이것은 전기진단학적 소견이 특이하지 않고 결정적이지 않을때는 완전한 감별진단이 된 것으로 대치되어서는 안된다. 즉, “consistent with”라는 말이 “diagnostic of”란 표현이 아니다. 따라서 내린 결과에 대한 강도를 표현해 주는 것은 중요하다. 또한 근전도 검사 결과지 “임상적 관련이 요함(clinical correlation is recommended)”과 같은 표현은 사용하지 않는 것이 좋다 왜냐하면 신경-근질환에 대해 근전도 검사자만큼 적절한 사람이 없기 때문이다. 그리고 근전도 검사 결과지에 치료와 관계되거나 근전도 검사와는 관계없는 검사 즉 방사선 검사 같은 것에 대한 표현을 포함하지 않는 것이 좋다.

③ 표준화된 진단기준을 사용하지 않은 경우

각 검사의 표준치에 대한 최상한 값은 95 percentile을 의미하므로 이는 소수의 정상인이나 증상이 없는 사람도 비슷한 결과를 나타낼 수 있다. 그러므로 엄격하게 “예”, “아니오”로 해석하기 보다는 소견을 정량화하여 이상의 정도를 확인하여야 한다.

④ 진단에 중요한 단서를 인식하지 못하는 경우

근전도 소견 중 흔히 나타나지는 않으나 확인되는 경우엔 진단적으로 중요한 의미를 갖는 전위들이 있다. 그 예들은 도표와 같다(Table 1).

⑤ 중요한 음성 소견을 임상증상과 조화시키지 못하는 경우

근전도 소견이 임상진단을 지지하지 못하는 경우, 즉 임상진단에 합당하지 않을때는 감별진단에 대해 다시 고려해 보아야 하며 진단을 위해 새로운 접근을 하여야 한다.

⑥ 임상적 소견의 배경에서 진단하지 않는 경우

임상적 소견에 기초를 두고 임상진단을 내린 후 그것

Table 1. Electrodiagnostic Findings of Particular Diagnostic Importance

Finding	Diagnostic Implication
Myokymic discharges	Radiation-induced plexopathy/radiculopathy
Profound multiple partial conduction blocks	Multifocal motor neuropathy
Myotonic discharge	One of the myotonic disorders
Diffuse “positive waves”	“EMG disease” versus myotonic disorder

을 감별진단하여야 한다. 한 예로 통증이 없는 근약증의 경우에는 신경근 병변보다는 운동원 질환을 의심하여야 한다.

결 론

전기진단 검사에서 발생할 수 있는 오류를 인지하고 이를 범하지 않음으로써 전기진단 검사자들은 임상적으로 가장 의미있는 근전도 검사의 통찰과 결론을 제공하여 환지 치료의 질의 향상에 기여할 수 있다.

REFERENCES

1. Albers JW: Potential error related to the electrodiaagnostic evaluation; Practical electrodiagnostic medicine-Pitfalls and analysis. Course D: AAEM annual scientific meeting, 1996
2. Dumitru D: Electrodiagnos Medicine. Philadelphia, Hanley & Belfus, 1995
3. Stolove WC: Instrumentation and measurement, AAEM Minimonography #16. Rochester, Minnesota, American Association of Electromyogrophy and Electrodiagnosis. 1781
4. Lee CH, Lee HJ, Bach JR: Variance of compound muscle action potential with active surface pick-up electrode sizes. Abstract, 40th. AAEM annual scientific meeting, 1993
5. Wilbourn AJ: Pitfalls in the nerve conduction studies; Nerve conduction studies fundamentals. Course A: AAEM annual scientific meeting, 1995
6. Dumitru D, Walsh NE: Practical instrumentation and common sources of error. Am J Phys Med Rehabil 1988: 67: 55-65
7. Dreyer SJ, Dumitru D, King JC: Anodal block versus anodal stimulation; fact or fiction? Am J Phys Med Phys 1993: 72: 10-18
8. Oh SJ, Kim DE, Kuruoglu HR: What is the best diagnostic index of conduction block and temporal dispersion? Muscle Nerve 1994: 17: 489-493
9. Colachis SC III, Klejka JP, Shamir DY, Pease WS, Johnson EW: Amplitude of M response: side to side comparability. Am J Phys Med Rehabil 1993: 72: 19-22
10. Eisen A: Electrodiagnosis of radiculopathies. Neurol Clin 1985: 3: 495-510
11. Felsenthal G: An overview of the clinical application of electromyography and nerve conduction techniques. MD State Med J 1983: 31: 60-62
12. Falco FJ, Hennessey WJ, Braddom RL, Goldberg G: Standardized nerve conduction studies in the upper limb of the healthy elderly. Am J Phys Med Rehabil 1992: 7: 263-271
13. Olney RK: Pitfalls of the needle EMG; Needle electromyography-Fundamentals. Course D, AAEM annual scientific meeting, 1995
14. Buchthal F, Rosenfalck P: Spontaneous electrical activity of human muscle. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1966: 20: 321-336
15. Howard JE, McGill KC, Dorfman LJ: Age effects on properties of motor unit action potentials: ADEMG analysis. Ann Neurol 1988: 24: 207-213
16. Gatens PF, Saeed MA: Electromyographic findings in the intrinsic muscles of normal feet. Arch Phys Med Rehabil 1982: 63: 317-318
17. AAEM Nomenclature Committee: AAEE glossary of terms in clinical electromyogrphy. Muscle Nerve 1987: 10(supp): G1-G60
18. Ball RD: Semi-Quntitative analysis of motor unit action potentials and motor unit recruitment; Needle EMG- Fundamentals. Course D: AAEM annual scientific meeting, Montreal, Canada, 1995
19. Ball RD: Basics of needle EMG. Workshop: AAEM annual scientif meeting,1985
20. Daube JR: Needle examination in clinical electromyography, Minimograph #11. Muscle Nerve 1991: 14: 685-700
21. Petajan JH: Motor unit recruitment, Minimonograph #3. Muscle Nerve 1991: 14: 489-502