

근전도검사에서 나타나는 탈신경전위와 종판전위와의 구별을 위한 변수추출

황윤성*, 최현배**, 임재중**, 박인선*
인제대학교 의과대학 재활의학과*, 인제대학교 보건대학 의용공학과**

Parameter Extraction for the Distinction between Denervation Potentials and Endplate Spikes on EMG Diagnosis

Y. S. Hwang*, H. B. Choi**, J. J. Im**, I. S. Park*
Department of Rehabilitation, College of Medicine, Inje University*
Department of Biomedical Engineering, College of Health Sciences, Inje University**

Abstract

During the electromyographic evaluation, the presence and site of lesion may be predicted by a detection of denervation potentials such as fibrillation potentials or positive sharp waves in the group of muscles. Curently, clinicians diagnose the neuropathy by detecting fibrillation potentials during EMG tests, and sometimes it is not easy to distinguish between denervation potentials and endplate spikes. The purpose of this study was to find statistically significant parameters for the quantitative distinction between denervation potentials and endplate spikes. Endplate spikes and denervation potentials from the EDB muscle of 10 patients were extracted. Also, EMG signals were classified by experienced clinicians, and were collected using a 12 bit ADC with a sampling rate of 20KHz for the duration of 400msec. In order to find statistically significant parameters, positive and negative peaks were used for analysis. As a results, standard deviation of the endplate spikes and denervation potentials showed more significant difference than others specially for the positive sharp waves. It was concluded that the results of this study could be used to develop an automated system of a EMG analysis.

서 론

신경질환(neuropathy)은 척수 신경의 근위부(root), 신경총(plexus) 및 말초신경의 이상으로 인해 발생하는 질병으로 운동신경이나 감각신경에 직접적인 영향을 주게되어 감각의 소실 및 감퇴, 근육의 쇠약(weakness), 근위축증(atropy), 심부건반사(deep tendon reflex)의 감소 및 소실(hyporeflexia or areflexia), 피로(fatigue), 경련(cramps) 등의 증상이 나타나게 된다.¹⁾²⁾ 이러한 신경질환의 진단방법 중 하나인 근전도 검사는 화상으로 구별하기 힘든 신경질환의 진단에 있어서 병

의 유무를 가릴 뿐 아니라 외과적 수술이 필요한 경우 이상이 있는 부위를 국소화하여 수술부위를 결정하는데 도움을 줄 수 있는 유용한 진단도구로 널리 사용되고 있다.³⁾⁴⁾

신경근염(radiculopathy)을 포함한 신경손상환자들에 대한 근전도 검사에서는 그 신경이 지배하는 근절(myotome)에서 나타나는 탈신경전위(denervation potential)를 임상전문의가 육안으로 관찰하여 병변을 진단할 수 있다. 즉, 근전도 검사를 이용하면 손상된 신경근 부위가 지배하고 있는 원위부에서 신체기능의 이상 유무를 관찰할 수 있는 것이다. 그러나, 현재 임상전문의가 주관적으로 판단하는 검사과정에서 침전극이 신경과 근육의 흥분전도를 이어주는 종판부위(endplate zone)에 위치할 경우에는 muscle spindle에 의해 유발되는 정상적인 활동전위인 종판전위(endplate spike)가 발생하게 되며 이는 탈신경전위와 혼동되어 신경질환에 대한 오진을 할 수 있다는 문제점이 발생할 수 있다.⁴⁾⁵⁾

본 연구의 목적은 신경질환의 진단을 위한 근전도 검사에서 나타날 수 있는 탈신경전위와 종판전위를 구분할 수 있는 매개변수를 추출하여 더욱 정확하고 신뢰성있는 진단정보를 제공하고자 하는 것이다. 본 연구를 통해 구해진 매개변수는 파형의 분류를 위한 알고리즘의 수립뿐만 아니라 생체전기 현상을 검출하여 이상유무를 관찰하는 여러 진단방법에 응용되어 질 수 있으며 나아가 정량화되고 자동화된 진단의료기의 개발에 이용될 수 있을 것이다.

실 험 방 법

실험설계

근전도 검사를 실시하여 신경손상부위가 지배하는 근절(myotome)에서 나타나는 탈신경전위인 양성예각파나 세동전위 그리고 바늘전극이 종판부위에 위치하였을 때 정상인에게서도 나타날 수 있는 정상적인 자발성 전위인 종판전위를 검출하였으며 그림 1에 실험을 위한 전체적인 시스템의 구성이 나타나 있다.

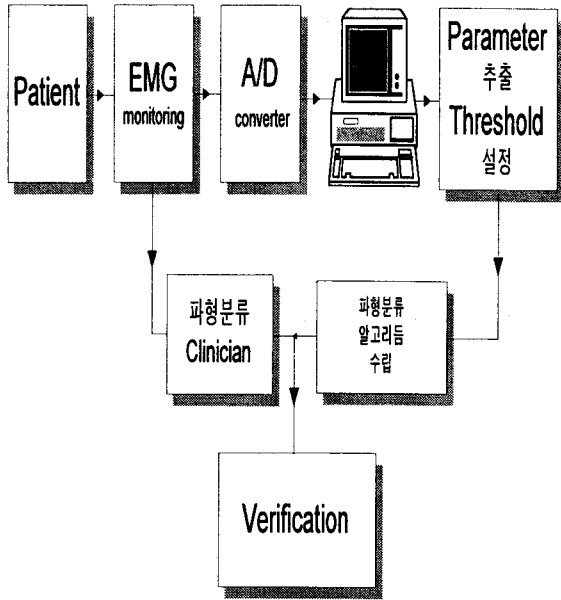


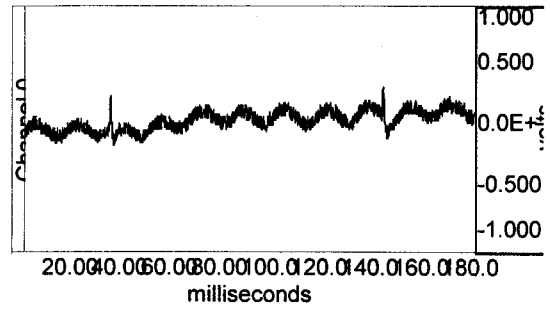
그림 1. 전체 실험 구성도.

데이터 수집

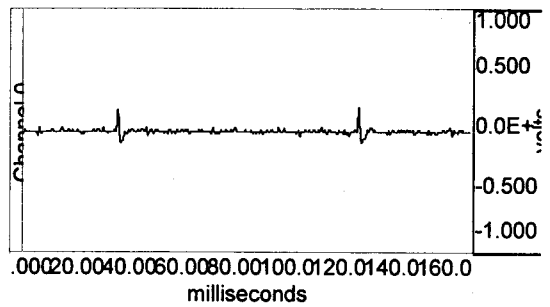
신경근염 환자의 경우 신경전도속도(NCV, nerve conduction velocity)가 현저히 감소하게 되므로 손상신경이 지배하는 근육부위에서 나타나는 탈신경전위를 관찰하기 위해 병변의 발생시기로부터 약 3-4주 후에 검사를 실시하였다. 또한 임상상의 의해 분류된 10명의 환자를 대상으로 바늘전극을 이용하여 근전도검사에서 일상적으로 검사하는 부위인 VM, TA, GA, EDB, AN의 다섯군데 중에서 EDB(extensor digitorum brevis)를 선택하여 전위를 측정하였다. 근전도 기기(MS-25, Medelec)로부터 출력되는 근전도신호는 $100 \mu\text{V}/\text{cm}$ 로 증폭되어 1Hz - 10KHz 대역필터(bandpass filter)를 통과한 후 근전도 기기 후면에 있는 ANL 단자를 통해 출력되며, 이렇게 출력되는 아날로그 신호는 20KHz의 샘플링 주파수로 400ms동안 12bit 해상도의 A/D 변환기(AX-5412)를 이용하여 수집되어 컴퓨터에 저장되었다. 또한 근전도기기의 기록지로 출력되는 근전도신호는 전문 임상상의에 의해서 세 종류의 신호로 분류되었으며 이를 토대로 하여 컴퓨터에 저장된 신호도 세 분류로 재구분되었다.

기저선 변동 및 잡음의 제거

근전도 신호에서는 대부분 작고 불규칙한 노이즈 성분이나 60Hz성분, 그리고 환자나 바늘전극의 움직임에 의한 기저선의 변동이 발생된다. 이렇듯 검출하고자 하는 신호에 포함되어 있는 원하지 않는 왜곡성분은 디지털 필터를 이용하여 제거하였다. 그림 2에 중판전위에 포함되어 있는 기저선 변동 및 잡음성분과 이를 제거한 후의 신호가 나타나 있



(a) 기저선 변동 및 잡음제거전의 중판전위



(b) 100-1000Hz 디지털 필터를 적용한 후의 중판전위

그림 2. 중판전위의 노이즈 제거.

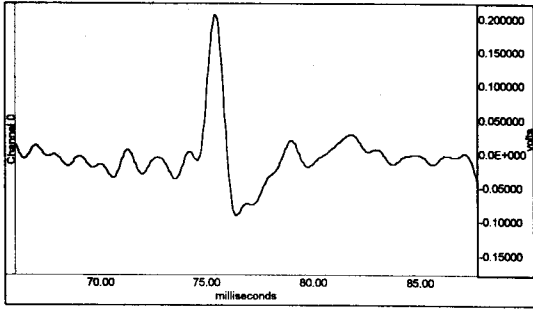
다. 또한, 전문임상상의에 의해 탈신경전위들과 중판전위로 분류된 근전도 신호는 기저선의 상대적위치를 동일하게 부여해주기 위하여 각 신호의 평균값을 기준으로 정규화(normalize)하여 재저장하였다.

파형의 특성분석 및 변수추출

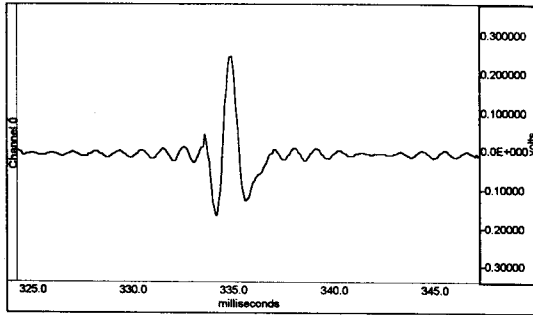
데이터 처리를 마친 세가지 근전도신호의 대표적인 파형이 그림 3에 나타나 있다. 중판전위와 세동전위는 상(phase)의 차이외에 파형의 모양 및 크기가 유사한 것을 알 수 있다. 그러나, 중판전위의 경우에는 positive phase가 발생한 후에 약간의 negative phase로 떨어지는 반면 세동전위는 negative phase가 먼저 발생한 후 거의 같은 크기의 positive phase가 발생되고 있다.

저장된 근전도신호의 첨두치, 상 그리고 지속시간을 매개변수로 실험하였으며, 첨두치를 구하기 위해 한 파일내의 모든 데이터 중 최대값의 30%이상, 최소값의 30%이내에서 기울기가 변하는 순간을 각각 음첨두치와 양첨두치로 택하였다. 이렇게 해서 구해진 두가지 첨두치에서 각각의 최대값, 최소값, 평균값 그리고 표준편차를 계산하였다. 첨두값(amplitude, peak-to-peak)의 최대값은 음첨두값

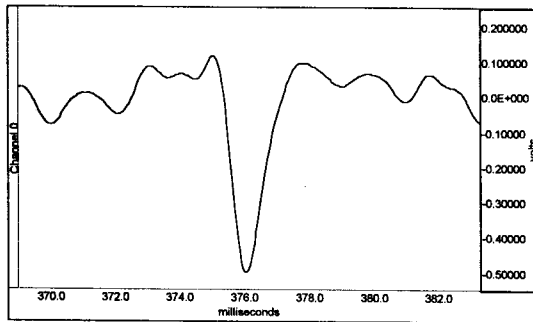
근전도검사에서 나타는 탈신경전위와 종판전위와의 구별을 위한 변수추출



(a) 종판전위



(b) 세동전위



(c) 양성예각파

그림 3. 종판전위와 탈신경전위의 분류.

의 최대값과 양첨두값의 최소값의 차이를 구한 것이고 최소값은 음첨두값의 최소값과 양첨두값의 최대값의 차이를 구한 것이다. 이렇게 구해진 매개변수들은 각각 종판전위, 세동전위 그리고 양성예각파에 대하여 paired t-test를 통하여 통계적으로 유의성을 관찰하였다.

결과 및 토의

표 1에 나타난 각 근전도신호들에 대한 매개변수들의 통계치를 볼 때, 세가지 파형에 대한 첨두값들의 평균값은 그다지 큰 차이를 보이지 않았다.

표 1. 종판전위와 탈신경전위들에 대한 매개변수들의 평균값과 표준편차

		Endplate Spike	Fibrillation Potential	Positive Sharp wave
negative peak	mean	0.1495	0.1474	0.1441
		± 0.0506	± 0.0485	± 0.1701
	max	0.2460	0.2397	0.2104
		± 0.1180	± 0.0665	± 0.1584
positive peak	min	0.8520	0.0867	0.1199
		± 0.0291	± 0.0234	± 0.1717
	std	0.0513	0.0524	0.0217
		± 0.0319	± 0.0170	± 0.0068
peak-to-peak	mean	-0.0892	-0.1176	-0.2358
		± 0.1065	± 0.0603	± 0.1529
	max	-0.0780	-0.0714	-0.1314
		± 0.0858	± 0.0359	± 0.1094
peak-to-peak	min	-0.1692	-0.2230	-0.3940
		± 0.1061	± 0.1004	± 0.2922
	std	0.0244	0.0490	0.0911
		± 0.0124	± 0.0309	± 0.0813
peak-to-peak	max	0.4152	0.4627	0.6045
		± 0.2183	± 0.1640	± 0.4504
peak-to-peak	min	0.1632	0.1581	0.2513
		± 0.1079	± 0.0555	± 0.2797

종판전위와 세동전위를 비교해 볼 때 양첨두치에 대한 표준편차가 유의한 차이(p-value = 0.0342)를 보였는데, 이는 종판전위에 비해 세동전위의 양첨두치 편차가 심했음을 나타낸다. 종판전위와 양성예각파를 비교해 볼 때, 음첨두치 표준편차가 유의한 나타났으며(p-value = 0.0321), 이 사실은 양성예각파에 비해 종판전위에 대한 양첨두치 편차가 심했음을 나타내며, 실제 시각적인 형태상으로도 양성예각파의 음첨두값은 작고 일정한 형태를 가지고 있다. 세동전위와 양성예각파에 있어서도 음첨두치의 표준편차가 유의한 차이를 보여주었으며(p-value = 0.0020), 종판전위보다는 세동전위의 편차 및 분산정도가 매우 크게 나타났다. 또한, 음첨두치에 대해서, 세동전위는 종판전위와 거의 유사한 통계적 결과를 제시하지만 양첨두치에 대해서 세동전위의 통계치가 다소 큼을 알 수 있었다.

결론

근전도와 같이 비주기적이며 무작위적인 신호의 처리에 있어서 통계적 처리방법은 각 신호들의 특징점을 찾아내는 데 있어서 큰 도움을 준다. 그러나, 무조건 많은 수의 매개변수를 잡는 것보다는 통계적으로 유의한 차이를 보이는 매개변수를 발견해내는 것이 중요하다. 본 실험에서도 세가지의 파형이 매개변수에 따라 유의한 차이를 보였다. 시간축상의 근전도신호 분석에 있어서도 다른 진단결과를 제공하는 근전도신호와 유효하게 구분을 해줄 수 있는 매개변수의 발견이 선행되어야 한다.

근전도신호의 정량화에 있어서 가장 중요한 사실은 일상적인 근전도검사와 크게 다르지 않는 검사방법의 제시와 함께 시간의 절약에 있다. 최종적으로 작성한 프로그램에서 신호를 분석하기전에 여러 단계의 전처리 과정을 거쳐야했지만 On-line상의 PC를 하나의 시스템으로 구축할 필요가 있다.

특히 신경질환의 근전도신호는 거의 주기성을 지닌(almost periodic) 신호부터 비주기적인(nonperiodic) 무작위 신호까지 다양하게 검출될 수 있으며 임상적 검사시 바늘전극의 위치와 깊이 및 환자의 병변발생 이후 검사시까지의 기간이 진폭의 크기를 좌우한다. 따라서 다양한 신호에 대한 새로운 매개변수의 제시와 함께 유용성의 검증이 필요하며 병변발생기간이 매개변수들과 함께 고려되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Jay A. Liveson ; Peripheral Neurology, 2nd edition, F.A. Davis Company, Yeong Mun Publishing company.
2. Jun Kimura ; Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle, 2nd edition, F.A.Davis Company, pp.231-457.
3. Michael J, Aminoff ; Electrodiagnosis in Clinical Neurology, third edition, Churchill Livingstone, Ch 9.
4. Joseph Goodman, Arthur Eberstein ; Electrodiagnosis of Neuromuscular Diseases, third edition, Ch 5-6.
5. Joel A.Delisa, Bruce M.Gans ; Rehabilitation Medicine, 2nd edition, J. B. Lippincott Company, pp.218 -238.