J. Biomed. Eng. Res.
Vol. 20, No. 4, 451-459, 1999

신경질환의 진단을 위한 탈신경 전위와 종판 전위의 구별에 관한 연구

임재중[1]·김남균[1], 황윤성[2]·박인선[2]

[1]전북대학교 공과대학 생체공학과, [2]인제대학교 의과대학 재활의학과

(1999년 1월 28일 접수, 1999년 6월 17일 채택)

A Study for the Distinction between Denervation Potentials and Endplate Spikes for the Diagnosis of Neuropathy

J.J. Im[1], N.G. Kim[1], Y.S. Hwang[2], I.S. Park[2]

[1]Dept. of Bionics, College of Engineering, Chonbuk National University
[2]Dept. of Rehabilitation, College of Medicine, Inje University

(Received January 28, 1999, Accepted June 17, 1999)

요 약 : 신경질환의 진단에 있어서 근육군에서의 세동전위나 양성예각파와 같은 탈신경전위를 관찰함으로써 신경의 이상유무와 손상부위를 예측할 수 있는데 이는 임상의의 주관적인 경험에만 의존하여 구별되고 있으며 검사과정 중 숙련인에게서도 나타날 수 있는 종판전위가 탈신경전위로 오인되어 진단에 혼신을 초래할 수 있다. 따라서 본 연구는 탈신경전위와 종판전위를 정량적으로 구별할 수 있는 알고리듬을 수립하는데 필요한 매개변수들을 추출함으로써 신경손상의 진단과 병변의 국소화에 정확성을 향상시키고자 하였다. 본 연구에서는 여러 종류의 신경손상을 보이는 10명의 환자들에 대한 근전도 검사를 실시하여 탈신경전위인 양성예각파나 세동전위, 그리고 종판전위를 검출하였다. 이들 신호로부터 지속시간, 면적, 기울기, 첨두치간 진폭, 양첨두치 진폭, 음첨두치 진폭 및 첨두치 비율 그리고 상(phase)의 여덟 가지 매개변수를 구하고 각 파형에서의 값들을 비교하였다. 그 결과, 두 종류의 탈신경전위와 종판전위의 구분에 공통적으로 좋은 결과를 제공하는 매개변수는 기울기, 첨두치간 진폭, 양첨두치 진폭 그리고 첨두치간의 비율로 나타났다. 본 연구를 통해 구해진 매개변수들의 특성은 근전도 분석의 자동화를 위한 알고리듬의 수립에 응용되어질 수 있을 것이며 보다 정량화된 근전도 분석을 통해 진단의 정확성을 향상시켜 줄 것이다.

Abstract : During the electromyographic evaluation for the diagnosis of neuropathy, presence or site of lesion could be predicted by a detection of denervation potentials such as fibrillation potentials or positive sharp waves in a group of muscles. Unfortunately, since denervation potentials are distinguished by examiner's experience, it is possible to make mistake identifying endplate spikes as a denervation potential. The aim of the study was to extract parameters to make an algorithm for quantitative distinction between denervation potentials and endplate spikes. It will help to minimize the examiner's bias and to localize the site of lesion thus increase the reliability on EMG diagnosis. Three types of signals, endplate spike, fibrillation potential and positive sharp wave were obtained from the EDB(extensor digitorum brevis) muscle using ten neuropathic patients. Eight parameters such as duration, area, slope, peak-to-peak amplitude, positive peak amplitude, negative peak amplitude, ratio of positive to negative peak amplitude, and number of phase were extracted and compared. As a results, slope, peak-to-peak amplitude, positive peak amplitude, ratio of positive to negative peak amplitude showed statistically significant differences between endplate spikes and denervation potentials. It was concluded that those parameters could be used to establish an algorithm which will improve the accuracies in automated quantitative EMG diagnosis.

Key words : EMG, Denervation potential, Endplate spike, Neuropathy

서 론

신경질환(neuropathy)은 척수 신경의 근위부(root), 신경총(plexus) 및 말초신경의 이상으로 인해 발생되며 운동신경이나

통신저자 : 임재중, (561-756) 전라북도 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14
전북대학교 공과대학 생체공학과, Tel. (0652) 270-4064, Fax. (0652) 270-2247, Email : jjim@moak.chonbuk.ac.kr

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 진단방법은 크게 근력측정과 심부건 반사와 같은 이학적 검사와 X-ray, 자기공명영상(MRI, magnetic resonance imaging), 컴퓨터 단층촬영(CT, computed tomograph)과 같은 화상검사 그리고 근전도 등의 전기적 검사로 나눌 수 있다[3,4]. 그 중에서 화상 진단기기들을 통해서는 주로 해부학적인 형태를 파악할 수 있는데, 실제 진단시 화상기기들을 통하 형태의 이상을 발견하더라도 환자의 증상과 일치하지 않는 경우도 있다. 즉, 병변에 대한 진단에 있어서 어떤 한가지 진단방법의 결과만 가지고 병의 유무자체를 판가름하고 정확한 진단을 내리는데는 위험성이 있기 때문에 여러 가지 진단방법에 의한 결과를 종합하여 최종결정을 내리게 되므로 이러한 진단방법들은 신체기능위주의 진단을 위한 근전도 검사와 상호보완적으로 쓰이게 된다.

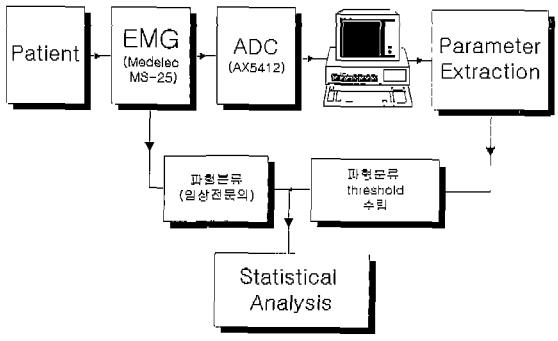
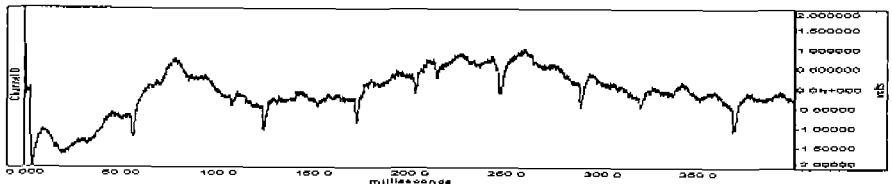
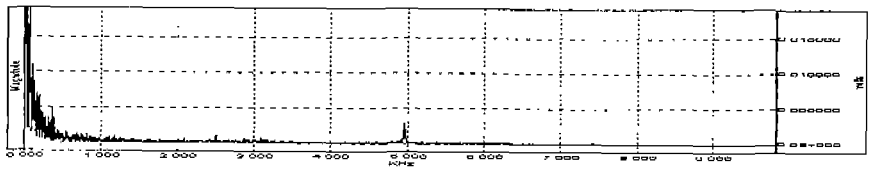


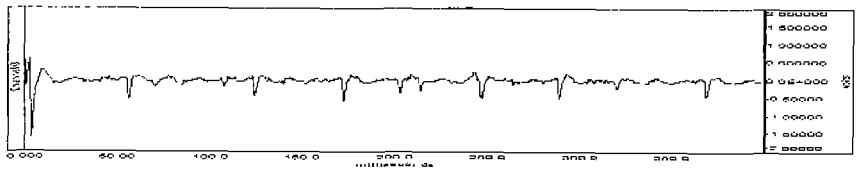
그림 1. 전체적인 시스템 구성도
Fig. 1. Block diagram of overall system



(a) 기저선 변동과 고주파 잡음을 포함한 양성예각파
(b) positive sharp waves including baseline shift and high frequency noise

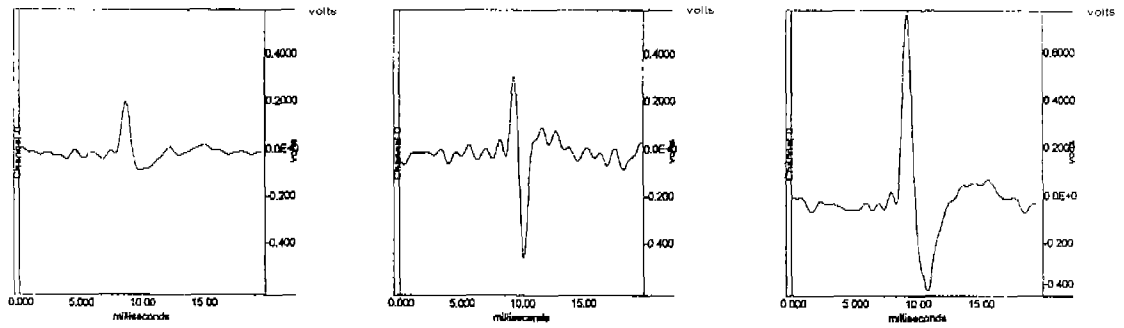


(b) 양성예각파의 주파수 특성
(b) frequency characteristics of positive sharp waves

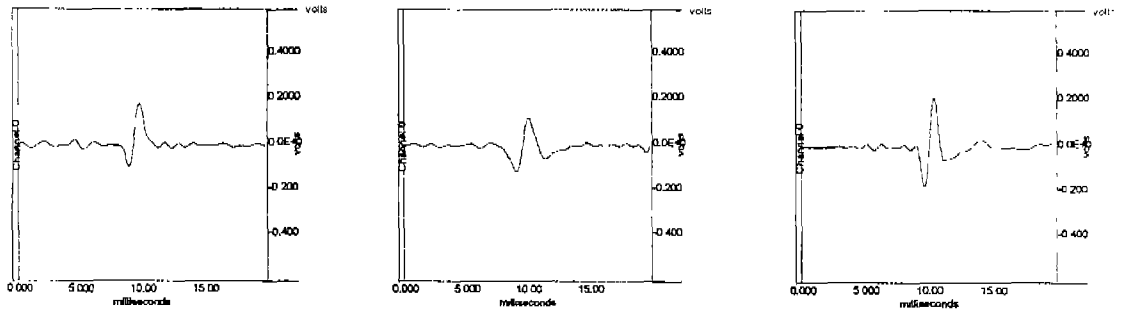


(c) 기저선 변동과 고주파 잡음이 제거된 양성예각파

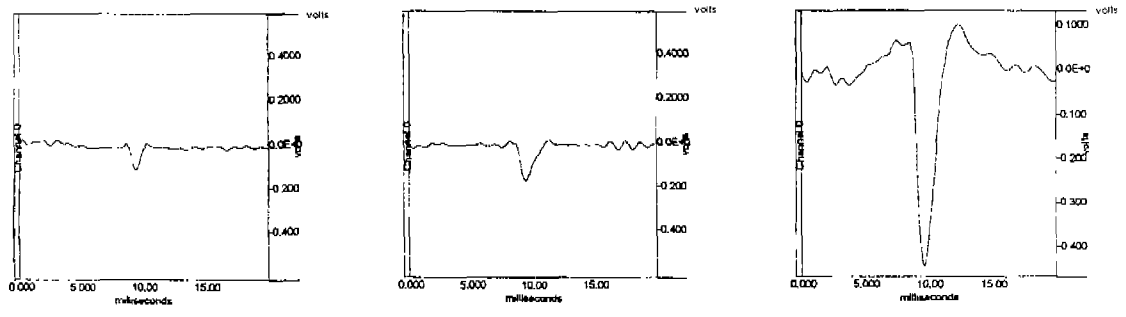
그림 2. 근전도 신호의 주파수 특성과 디지털 필터의 적용
Fig. 2. Frequency characteristics of EMG signals and application of digital filtering



(a) 종판전위
(a) endplate potentials



(b) 세동전위
(b) fibrillation potentials



(c) 양성예각파
(c) positive sharp waves

그림 3. 세가지 근전도 신호(종판전위, 세동전위, 양성예각파)의 일반적인 파형
Fig. 3. General waveforms for the three kinds of EMG spontaneous activities

근전도 검사는 화상으로 구별하기 힘든 신경질환의 진단에 있어서 병의 유무를 가릴 뿐 아니라 외과적 수술이 필요한 경우 이상이 있는 부위를 국소화하여 수술부위를 결정하는데 도움을 줄 수 있는 유용한 진단도구로 널리 사용되고 있다[5,6]. 즉, 근전도 검사를 이용하면 손상된 신경근 부위가 지배하고 있는 원위부에서 신체기능의 이상 유무를 알아볼 수가 있으므로 신경근염(radiculopathy)을 포함한 신경손상환자들에 대한 근전도 검사에서는 그 신경이 지배하는 근절(myotome)에서 나타나는 탈

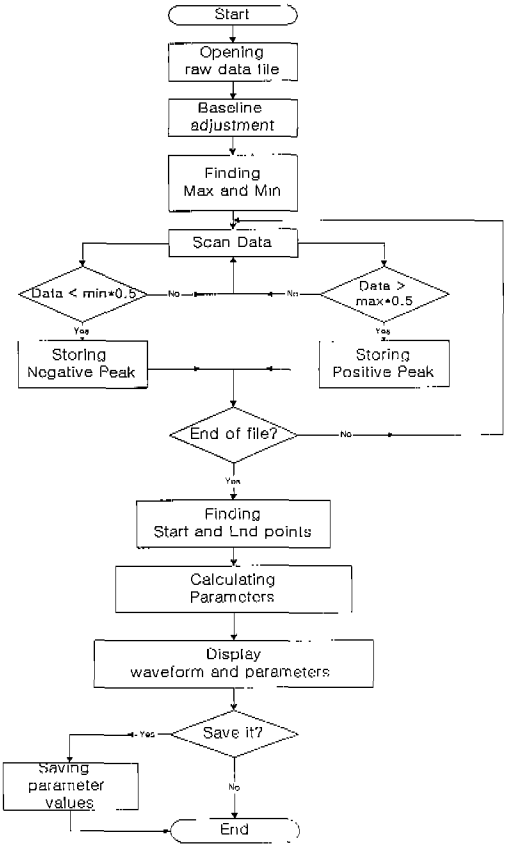


그림 4. 변수추출을 위한 프로그램 흐름도
Fig. 4. Flowchart of programing for parameter extraction

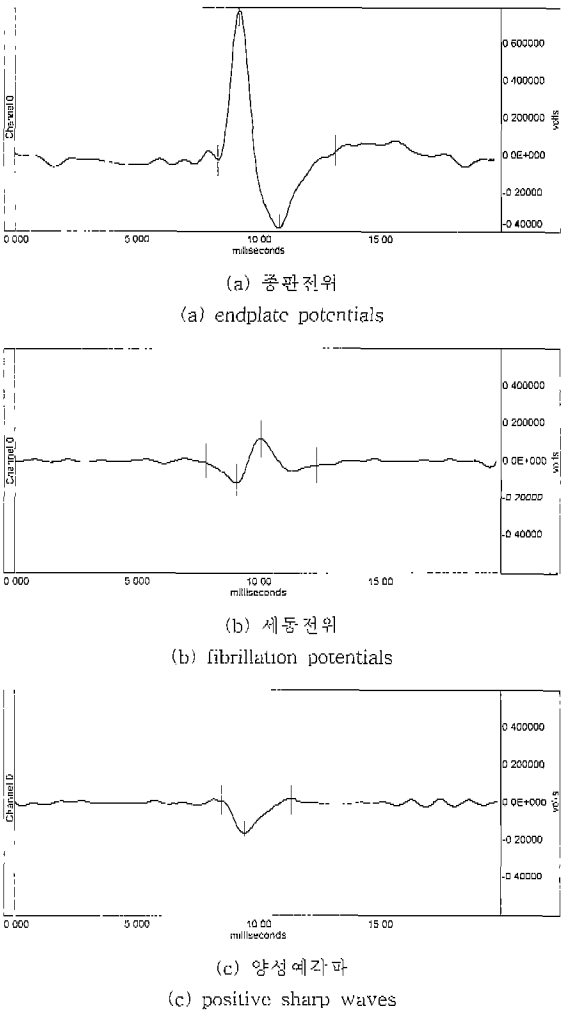


그림 5. 세가지 근전도 신호의 첨두치, 시작점, 끝점 검출
Fig. 5. Detection of peak, starting point and ending point for the three kinds of EMG spontaneous activities

신경전위(denervation potential)를 임상전문의가 육안으로 관찰하여 병변을 진단할 수 있다[7,8]. 그러나, 현재 환자에게서 근전도 검사를 실시할 때 임상의는 근전도 기기에 나타나는 각 파형의 형태를 보거나 소리를 듣고서 신경질환을 진단하게 된다. 이러한 탈신경전위는 순간 순간마다 나타나며 다시 재현되지 않을 경우에는 종판전위와 혼동되는 경우가 많이 있으므로 병변의 국소화에 실패하거나 오진을 할 가능성이 높아진다.

전극이 종판부위에 위치했을 경우에는 두가지의 구별된 파형이 검출되는데 그 하나는 MEPP(miniature endplate potential)로서 0.5~2.0ms의 짧은 지속시간과 10~50μV의 작은 크기를 가지는 단상의 불규칙한 파형으로 나타나며, 조개껍질을 문지르는 듯한 소리가 난다. 다른 하나는 종판전위(endplate spike)로서 3.0~4.0ms의 지속시간과 100-200μV의 불규칙한 파형으로 나타난다. 이러한 자발성전위들은 정상근육이나 이완근육 모두에서 나타나고 특히 종판전위는 근전도 검사 수행중에 검사자로 하여금 탈신경전위로 오인하게 하여 잘못된 진단결과를 나타낼 수 있다[9,10]. 그러나, 현재 임상전문의가 주관적으로 판단하는 검사과정에서 바늘전극이 신경과 근육의 흥분전도를 이어주는 종판부위(endplate zone)에 위치할 경우에는 근방추(muscle spindle)에 의해 유발되는 정상적인 활동전위인 종판전위(endplate spike)가 발생하게 되며 이는 탈신경전위와 혼동되어 신경질환에 대한 오진을 하거나 병변의 국소화에 혼란을 초래할 수 있다[6][11]. 또한, 신경질환을 가진 환자에게 있어서는 비정상적인 자발성전위가 나타나는데 대부분 앞서 설명한 정상적인 자발성전위와는 확연하게 구별이 가지만 만성의 세동전위(fibrillation potential) 및 양성예각파(positive sharp wave)는 종판전위와 자주 혼동을 일으킨다. 세동전위는 2상(biphasic)으로 다소 불규칙적이며 초당 0.5에서 20회의 빈도수와 1.0~5.0ms의 지속시간 그리고 20~1000μV의 폭넓은 진폭을 가지며, 양성

표 1. 실험에 참여한 신경질환 환자들의 성별, 병변 및 발생기간
Table 1. Sex, symptoms, and interval for the neuropathic patients participated in the experiment

CASE	Sex/Age	Diagnosis	Interval
1	M/19	Cauda equina syndrome	17 weeks
2	M/5	Cauda equina syndrome	7 weeks
3	M/47	Cauda equina syndrome	25 weeks
4	M/41	Cauda equina syndrome	9 weeks
5	M/30	Lumbosacral plexopathy	10 weeks
6	M/29	Sciatic nerve lesion	18 weeks
7	M/22	Cauda equina syndrome	8 weeks
8	M/56	Cauda equina syndrome both Femoral neuropathy	16 weeks
9	M/24	Cauda equina syndrome	10 weeks
10	M/29	L5, S1 radiculopathy	10 weeks

예각파는 단상(monophasic)에 불규칙하며 초당 2에서 100회의 빈도수와 50μV~1mV의 진폭에 10ms이상의 지속시간을 가진다. 또한, 종판전위는 바늘전극이 세포 외에 위치할 때 발생되는 전위로 바늘을 조금 더 삽입하면 이상(biphasic)의 역전된 세동전위와 유사한 전위가 양성예각파와 유사한 단상(monophasic)의 전위로 변화하며, 세동전위도 역시 세포 외에 바늘이 위치할 때 발생되는 전위로 이것이 조금 더 삽입되면 양성예각파와 유사한 전위로 변화한다[12].

따라서, 신경질환의 진단을 위한 근전도 검사에서 나타나는 탈신경전위와 종판전위를 특징지을 수 있는 매개변수를 추출하여 이들 파형을 구분할 수 있는 알고리듬이 수립된다면 더욱 정확하고 신뢰성 있는 진단정보를 제공할 수 있을 것이다. 또한, 수립된 알고리듬은 생체전기현상을 검출하여 이상유무를 관찰하는 여러 진단방법에 응용되어 질 수 있으며 나아가 정량화되고 자동화된 진단의료기의 개발에 이용될 수 있을 것이다[13].

연구 방법

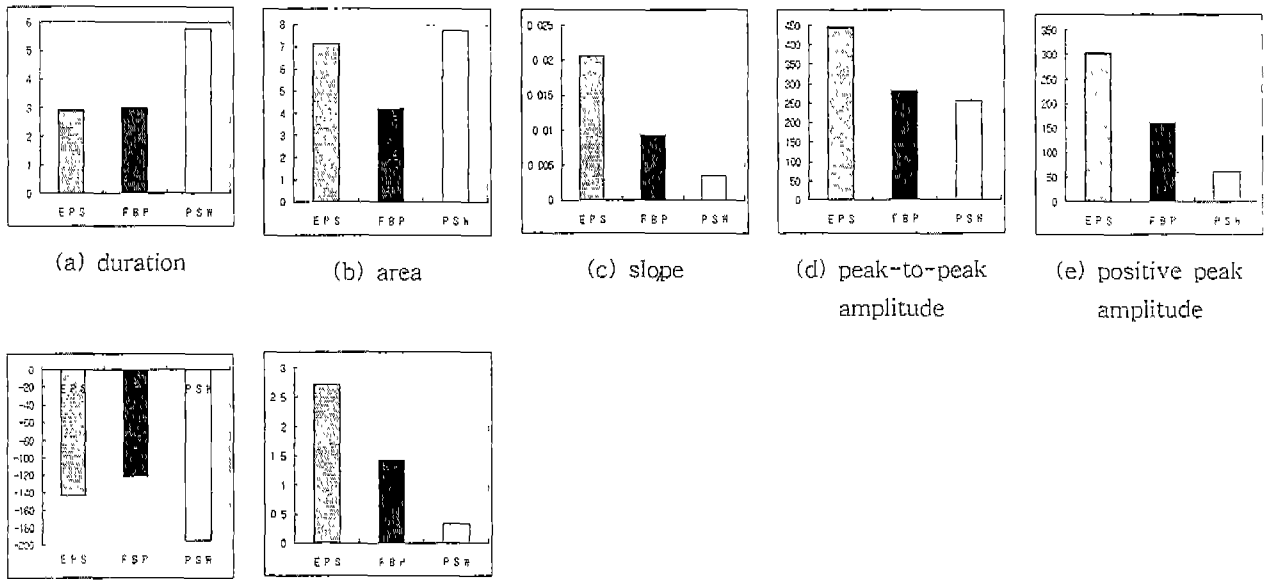
1. 실험 설계

근전도 검사를 실시하여 신경손상부위가 지배하는 근절에서 나타나는 탈신경전위인 양성예각파와 세동전위 그리고 바늘전극이 종판부위에 위치하였을 때 정상인에게서도 나타날 수 있는 정상적인 자발성 전위인 종판전위를 검출하고자 하였다. 그리고 이들 파형으로부터 특징점들을 추출하여 종류별로 분류할 수 있는 알고리듬을 수립하고자 하였으며, 그림 1에 실험을 위한 전체적인 시스템의 구성이 나타나 있다.

근전도의 검출을 위한 전극은 spontaneous activity의 측정에 널리 사용되는 stainless 재질로 0.46mm의 직경에 0.34mm^{2}의 recording area를 가진 MG50(TECA)을 사용하였으며, 근전도 기기(MS-25, Medelec)로부터 출력되는 아날로그 신호는 A/D 변환기(AX5412, AXIOM Technology)를 통하여 디지털 신호로 변환되어 컴퓨터에 저장된다. 그리고, 근전도 기기의 기록지로 출력되는 근전도 신호는 전문 임상의에 의해서 세 종류의 신호로 분류되고 이를 토대로 하여 컴퓨터에 저장된 신호도 세 분류로 재 구분된다. 이렇게 분류된 근전도 신호는 분석하고자 하는 신호를 포함하는 범위 내에서 20msec의 간격으로 추출한 후 C-언어를 이용하여 작성된 프로그램을 통하여 변수 추출과정을 거치게 되며, 각 변수에 대한 통계적 유의성을 검증하게 된다.

신경근염 환자의 경우, 척추 추간판의 탈출로 인해 신경근이 압박되어 이의 지배를 받는 근육군에서 탈신경전위가 발생되는데 이러한 전위들은 아세틸콜린의 결핍에 의한 근육의 과민반응으로 나타나며, 사지의 원위부 근육에서 약 4주정도 후에 관찰된다. 따라서, 손상신경이 지배하는 근육부위에서 나타나는 탈신경전위를 관찰하기 위해서는 병변의 발생시기로 부터 약 3-4주 후에 검사를 실시하게되며 1년을 경과할 시에는 탈신경전위가 거의 사라지게 되어 근전도로 관찰하기는 어렵게 된다. 본 실험에 참여한 피검자들은 7주부터 25주까지의 발병기간을 가진 환자들로써 표 1에 실험에 참여한 환자들에 대한 병력 및 검사부위가 요약되어 있다. 이 때 임상의에 의해 분류된 10명의 환자에 대하여 바늘전극을 이용하는 근전도검사에서 일상적으로 검사하는 부위인 VM(vastus medialis), TA(tibialis anterior), GA(gastro cnemius), AH(abdutor hallucis), EDB(extensor digitorum brevis)의 다섯군데 중에서 EDB를 선택하여 전위를 측정하였다.

근전도신호는 100μV/cm로 증폭되어 1Hz~10KHz 대역통과필터(bandpass filter)를 통과한 후 근전도 기기의 아날로그 단자를 통해 출력되며, 이렇게 출력되는 아날로그 신호는 20KHz의 샘플링 주파수로 400ms동안 12bit 해상도의 A/D 변환기를 이용하여 수집되었다. 이 때, 근전도 검사시 검사자가 기기의 foot pedal을 떼는 순간을 A/D변환기의 외부 트리거(external trigger)입력으로 사용하여 기록지로 출력되는 신호와 아날로그 단자를 통하여 검출되는 신호를 동기화 하였다.



(a) duration (b) area (c) slope (d) peak-to-peak amplitude (e) positive peak amplitude

(f) negative peak amplitude (g) ratio positive-to-negative amplitude

그림 6. 종판전위와 탈신경전위에 대한 각 매개변수들의 평균값
Fig. 6. Mean values of each parameter for endplate potential and denervation potentials(EPS : endplate potential, FBP : fibrillation potetial, PSW : positive sharp wave)

2. 데이터 처리 및 분석

근전도기기의 기록지로 출력된 근전도 신호는 세명의 전문 임상의에 의해 종판전위, 세동전위, 양성예각파의 세 가지 파형으로 분류되었다. 이를 토대로 하여 컴퓨터에 저장된 신호들도 세 가지의 파형으로 분류하였으며, 이들 신호들로부터 Biopac 시스템에서 제공되는 신호분석프로그램인 Acknowledge 3.0과 C-언어 프로그램을 이용하여 변수를 추출하였고, 추출된 변수들에 대한 통계적 유의성을 검증하였다.

〈기저선 변동 및 잡음 제거〉

근전도 신호는 대부분 작고 불규칙한 노이즈성분이나 60Hz성분, 그리고 환자나 바늘전극의 움직임에 의한 기저선의 변동이 발생된다. 이렇듯 검출하고자 하는 신호에 포함되어 있는 원하지 않는 왜곡성분은 특징점의 추출에 영향을 미칠 수 있으므로 가능한 완전히 제거할 필요가 있다. 따라서, 60Hz 디지털 노치(notch)필터를 적용하여 60Hz 성분을 제거하고, A/D 변환된 근전도 신호의 왜곡 혹은 손상을 일으키지 않는 주파수 대역을 찾아내고자 푸리에 변환을 통하여 노이즈의 주파수 성분을 찾아내었으며 그림 2에 그 과정이 나타나 있다. 그림 2(a)는 60Hz 성분은 제거되었으나 기저선 변동과 노이즈를 포함하고 있는 근전도 신호 중 양성예각파를 나타내고 있다. 우선 그림 2(a)에 나타나 있는 기저선 변동을 제거하기 위하여 수집된 전체 파형의 평균값을 구하고 각 파형에 대한 평균값으로부터의 편차를 재 plotting 함으로써 기저선 변동을 제거하였다. 또한, 원래의 파형에 남아있는 고주파 잡음성분을 알기 위해 주파수 분석을 수행하였는데, 그림 2(b)는 그림 2(a)의 신호를 FFT(fast Fourier transform) 처리한 스펙트럼으로서 5KHz 부근에서의 고주파 성분을 포함하고 있는 것을 볼 수 있으며, 대부분의 신호성분은 1KHz 이하에 집중되어 있음을 알 수 있었다. 그러므로 그림 2(a)의 신호에 1KHz의 저역통과 필터(필터 계수 1000, FIR)를 적용하였으며 그 결과로서 나타나는 그림 2(c)는 그림 2(a)에 비해 기저선 변동과 고주파 잡음성분이 제거되었음을 나타내고 있다.

〈데이터 분류〉

컴퓨터에 저장된 근전도 신호는 세 명의 전문 임상의의 판단에 따라 종판전위, 세동전위, 그리고 양성예각파로 분류되었으며 한 사람의 피검자에 있어서 각 파형의 종류마다 5개의 파형들이 저장되었다. 분석을 위한 후보파형(candidate waveforms)은 Ack3.0 프로그램을 사용하여 선택하였으며 이 때 각 파형은 첨두값을 기준으로 좌우의 데이터를 관찰하여 각 파형 당 20msec의 간격으로 추출되었다. 이렇게 분류된 세 가지의 근전도 신호들에 대한 대표적인 파형이 그림 3에 나타나 있다.

그림 3(a)에서 볼 수 있듯이 종판전위는 모두 2상(biphasic)의 형태로서 양의 첨두파형이 먼저 발생한 뒤 음의 첨두파형이 발생하고 있으며, 3-5ms의 지속시간을 보이고 있다. 그리고, 그림 3(b)의 세동전위는 2상(biphasic)의 형태인 것은 종판전위와 동일한 반면에 음의 첨두파형 발생 후 양의 첨두파형이 발생하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 그림 3(c)의 양성예각파는 주로 단상(monophasic)의 형태를 가지며 그 진폭이 매우 다양하게 나타나는 것을 알 수 있다. 세동전위나 양성예각파와 같은 탈신

표 2. 종판전위와 세동전위로부터 추출된 변수들의 비교를 위한 t-test 결과
Table 2. Results of t-test for the comparison of parameters extracted from endplate potential and fibrillation potential Paremeter

Paremter	FBP(N=50)		EPS(N=50)		Prob>t
	Mean	Std	Mean	Std	
Duration	3.0160	1.0041	2.9130	1.1647	0.6368
Area	4.2150	2.0667	7.1217	5.9132	0.0014*
Slope	0.0093	0.0053	0.0207	0.0178	0.0000*
Peak-to-Peak amplitude	282.2912	116.9198	445.5790	334.4089	0.0015*
Positive peak amplitude	160.9270	68.3400	302.3274	221.1908	0.0000*
Negative peak amplitude	-121.3642	58.9621	-143.2515	131.6577	0.2860
Ratio of positive-to-negative amplitude	1.4263	0.5605	2.7165	1.3575	0.0000*

*$p<0.01$

표 3. 종판전위와 양성예각파로부터 추출된 변수들의 비교를 위한 t-test 결과
Table 3. Results of t-test for the comparison of parameters extracted from endplate potential and positive sharp wave

Paremter	PSW(N=50)		EPS(N=50)		Prob>t
	Mean	Std	Mean	Std	
Duration	5.7470	2.6501	2.9130	1.1647	0.0000*
Area	7.7235	6.7301	7.1217	5.9132	0.6359
Slope	0.0035	0.0044	0.0207	0.0178	0.0000*
Peak-to-Peak amplitude	256.9576	146.9642	445.5790	334.4089	0.0004*
Positive peak amplitude	61.9902	43.2903	302.3274	221.1908	0.0000*
Negative peak amplitude	-194.9676	113.1688	-143.2515	131.6577	0.0377
Ratio of positive-to-negative amplitude	0.3302	0.1248	2.7165	1.355	0.0000*

*$p<0.01$

경선위는 발병 후 일정한 기간이 경과한 뒤에 나타나며 그 기간이 많이 경과할수록 진폭이 감소하며 약 1년 후에는 거의 볼 수 없게된다. 특히 급성기 때의 진폭에 비해 만성기의 진폭의 감소가 현저하며 심한 경우 임상적으로 형태에 의한 구분이 힘들어 근전도 검사로는 진단이 어려운 경우도 있다.

〈파형의 특성분석 및 변수추출〉

기저선 변동 및 잡음의 제거와 파형의 분류과정을 거친 근전도 신호로부터 각 파형을 특징지을 수 있는 아래의 변수들을 추출하였다.

- 양첨두치 진폭 (positive peak amplitude)
- 음첨두치 진폭 (negative peak amplitude)
- 첨두치간 진폭 (peak-to-peak amplitude)
- 첨두치 비율 (ratio of positive to negative peak amplitude)
- 파형 지속시간 (duration)
- 면적 (area)
- 파형의 기울기 (slope)
- 파형의 상의 수 (number of phase)

분류된 각 파형으로부터 최대값과 최소값을 구한 후 '최대값/최소값'의 비율이 1보다 큰 경우에서 최대값을 갖는 지점의 앞쪽 100개의 데이터(5ms)부터 최대값 이후의 100개의 데이터를 순차적으로 읽으면서 변수들을 추출하기 위한 알고리듬을 적용하였다. 이 때, 기저선의 상대적 위치를 동일하게 부여해주기 위하여 각 신호의 평균값을 기저선으로 택하였다. 그리고, 그림 1에 나타나 있는 변수 추출과정에 대한 흐름도에 따라 C-언어를 이용한 변수추출 프로그램을 작성하였다.

우선 한 파일내의 모든 데이터 중 최대값과 최소값을 검출하였으며, 최대값의 50%이상, 최소값의 50%이하인 구간에서 기울기가 변하는 순간을 각각 양첨두치와 음첨두치로 택하였다.

이 때, 각 신호에서 처음 첨두치가 발생한 다음에는 반드시 반대의 상(phase)을 가진 첨두치가 발생하므로 동일한 상

(phase)을 가진 첨두치가 연속적으로 발생할 경우에는 우선하는 첨두치만 선택되었다. 이러한 첨두값들의 진폭을 각각 양첨두치 진폭과 음첨두치 진폭으로 설정하였으며, 이들 진폭의 차이를 첨두치간 진폭으로 계산하였다. 그리고, 첨두치 비율은 음첨두치 진폭에 대한 양첨두치 진폭의 비(ratio)로써 계산되었다. 첨두치 비율이 0.2이하 혹은 5이상이 될 경우 신호를 단상(monophasic)의 파형으로 구별하였으며 각 파형에 대해 구해진 지속시간 내에서 첨두치가 발생한 수를 상의 수로 채택하였다.

각 신호의 지속시간을 결정하기 위해서는 추출된 단일 파형으로부터 파형의 시작점과 끝점을 결정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 분석을 위하여 분리된 단일 파형에 대한 평균값을 기저선으로 정하고, 양첨두치(음첨두치) 좌우의 데이터를 점차적으로 비교하면서 기저선과 만나게 되거나 기울기가 변하는 지점을 각각 시작점과 끝점으로 택한 이후, 시작점과 끝점의 시간간격을 파형의 지속시간으로 정하였으며, 시작점부터 끝점까지의 절대값에 대한 가중치를 파형의 면적으로 계산하였다. 그림 5에 프로그램을 통하여 자동 검출된 세 가지의 근전도 신호에 대한 첨두치, 시작점, 그리고 끝점의 예가 나타나 있다.

결과 및 고찰

종판전위, 세동전위 그리고 양성예각파에 대하여 추출된 매개변수들의 평균값과 표준편차를 구한 결과, 각 파형들간에 큰 차이를 보임을 알 수 있었다. 그림 6은 각 매개변수들의 평균값이 세가지 파형간에 보이는 변화를 막대그래프로 나타낸 것이다. 그림 6(a)에서 볼 수 있듯이 파형의 지속시간은 세동전위와 종판전위간에 별다른 변화를 보이고 있지 않으며, 파형의 면적은 양성예각파와 종판전위간에 큰 차이가 없음을 알 수 있다(그림 6(b)). 그리고, 음첨두치의 진폭도 세동전위와 종판전위간에 큰 변화가 나타나지 않고 있음을 알 수 있었다(그림 6(f)). 그 이외의 변수들의 평균값은 각 파형들 사이에 큰 차이를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

실험을 통하여 구해진 변수들은 각 파형당 10명의 환자에 대한 데이터로부터 계산되었으며, 각 환자들로부터 검출된 파형들간에 그 크기나 형태에 있어서 다소 차이가 있을 수 있으므로 우선 F-검정을 실시하여 변수들의 분산 상태를 비교할 필요가 있게 된다. 통계분석 방법으로는 t-test를 실시하였는데 이는 각 파형에 있어서 추출된 변수들이 균등분산(equal variance)인지 불균등분산(unequal variance)인지를 먼저 판단하여 그에 맞는 p-value를 검증하는 과정을 거치게 된다. 표 2는 종판전위와 세동전위에 대한 각 매개변수들의 t-test 결과를 요약해 놓은 것이다. 표에서 볼 수 있듯이 지속시간과 음첨두치 진폭의 두 매개변수에 대해서는 평균값이 거의 동일하고 편차도 심하게 나타나고 있으며 통계적 유의성을 보이지 않음을 알 수 있다. 그러나, 면적, 기울기, 첨두치간 진폭, 양첨두치 진폭 및 첨두치 비율의 매개변수에 대해서는 $p<0.01$의 유의수준에서 매우 높은 차이를 보이고 있다. 특히, 기울기와 양첨두치 그리고 첨두치 비율에 있어서는 다른 매개변수에 비해 더욱 높은 유의성을 나타내고 있다. 표 3은 종판전위와 양성예각파에 대한 각 매개변수들의 t-test 결과로써, 면적과 음첨두치 진폭이 유의수준 $p<0.01$에서는 큰 차이를 나타내지 않고 있으며, 나머지 다른 매개변수에 대해서는 매우 높은 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

이상과 같은 결과로 볼 때, 종판전위는 지속시간이 세동전위와 거의 유사하며 면적에 있어서는 양성예각파와 거의 차이가 없으므로 이것은 종판전위가 짧은 지속시간에 비해 그 크기가 양성예각파와 같이 크게 나타난다는 사실을 보여준다. 첨두치에 대한 두 파형은 전체적으로 볼 때 종판전위가 크고 편차도 심하게 나타나지만 음첨두치에 대해서는 거의 동일함을 알 수 있다. 즉, 종판전위는 세동전위에 비해 음첨두치는 유사한 반면 양첨두치에 있어서 그 값과 편차가 크게 나타나는데 이것은 서로 유사한 형태를 지니고 있는 두 파형에 대하여 그 차이를 단적으로 보여준다고 할 수 있다. 결국, 두 종류의 탈신경전위와 종판전위의 구분에 공통적으로 좋은 결과를 제공하는 매개변수는 기울기, 첨두치간 진폭, 양첨두치 진폭 그리고 첨두치 비율로 집약될 수 있다. 따라서, 이러한 매개변수들을 부각시킬 수 있는 알고리듬을 수립한다면 파형들간의 구분이 가능한 자동화된 진단 시스템의 개발에 이용될 수 있을 것이다.

결 론

근전도와 같이 비주기적이며 무작위적인 신호의 처리에 있어서 통계적 처리방법은 각 신호들의 특징점을 찾아내는 데 큰 도움을 준다. 그러나 부조건 많은 수의 매개변수를 잡는 것보다는 시간축상의 근전도 신호 분석에 있어서 다른 진단결과를 제공하는 근전도신호와 통계적으로 유의한 차이를 보여주는 매개변수의 발견이 중요하다. 본 연구의 결과로써 탈신경전위와 종판전위를 구분하는 매개변수는 각 파형의 기울기, 첨두치간 진폭, 양첨두치 진폭, 그리고 첨두치 비율임을 알 수 있었으며, 이러한 변수들을 부각시킬 수 있는 알고리듬을 수립하여 보다 객관적인 진단정보를 제공하는 연구로 발전시킬 수 있을 것이다.

본 연구에서는 임상에서 일반적으로 사용하고 있는 주파수 대역인 1Hz~10KHz에서 신호를 검출하였으며 이로 인해 탈신경전위 보다 높은 고주파 성분의 잡음이 검출되어 다시 디지털 필터를 거쳐야만 했다. 그러나, 탈신경전위나 종판전위는 거의 1KHz 이하의 주파수 성분을 포함하고 있음을 알 수 있었으므로, 본 실험 결과를 토대로한 근전도의 자동분석 시스템을 설계할 때는 보다 효율적인 주파수 대역의 설정이 가능할 것이다. 그리고, 신경질환 환자로부터 검출되는 근전도신호는 거의 주기성을 지닌 신호부터 비주기적인 무작위 신호까지 다양하게 검출될 수 있으며 임상의의 검사시 바늘전극의 위치와 깊이 및 환자의 병변발생 이후 검사시까지의 기간이 진폭의 크기를 좌우한다. 따라서, 다양한 신호의 특성을 반영하는 매개변수의 제시와

함께 유용성의 검증이 필요하며 병변발생기간이 매개변수에 미치는 영향도 함께 고려되어져야 할 것이다. 결국, 근전도신호의 성량화에 있어서 가장 중요한 사실은 일상적인 근전도검사와 크게 다르지 않는 검사방법의 제시와 함께 짧은 시간안에 정확한 진단정보를 제공하는데 있다. 본 연구의 결과는 앞으로 자동화된 근전도 신호 분류 시스템의 개발에 필수인 신호분석 알고리듬의 수립에 중요한 기초자료로서 이용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. J. A. Liveson, *Peripheral Neurology,* Second Edition, F.A. Davis Company, Yeong Mun Publishing Company, 1991
2. J. Kimura, *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle,* Second Edition, F.A.Davis Company, 1989
3. 김진호, 신경학 : 전기진단방법의 원리, 서울대학교 출판부, 1993.
4. C. M. Harper, P. A. Low, R. D. Fealey, T. C. Chelimsky, C. J. Proper, and D. A. Gillen, *"Utility of Thermography in the Diagnosis of Lumbosacral Radiculopathy,"* Neurology, Vol. 41(7), pp.1010-1014, 1991
5. M. J. Aminoff, *Electrodiagnosis in Clinical Neurology,* Third Edition, Churchill Livingstone, 1992
6. J. Goodgold, and A. *Eberstein, Electrodiagnosis of Neuromuscular Diseases,* Third Edition, 1983
7. 강곤, 운동생체역학, 건국대학교 출판부, 1992
8. D. Dumitru, *Electrodiagnostic Medicine,* Hanley & Belfus, Inc., 1995
9. J. Kopec, *"EMG-LAB Computer System for Routine Electromyography,"* Electromyogr. Clin. Neurophysiol., Vol. 33 (3), pp.173-184, 1993
10. M. Shochina, J. J. Vatine, Y. Mahler, B. Gonen and A. Magora, *"Diagnostic Value of Computer Analysis of EMG Spikes,"* Electromygor. Clin. Neurophysiol. Vol. 32(3), pp.113-117, 1992
11. J. A. Delisa and B. M. Gans, *Rehabilitation Medicine, Second Edition,* J. B. Lippincott Company, 1993
12. D. Dumitru, *"Single Muscle Fiber Discharges(Insertional Activity, Endplate Potentials, Positive Sharp Waves, and Fibrillation Potential): A unifying proposal,"* Muscle& Nerve, Vol. 19(2), pp.221-226, 1996
13. H. Feistner, T. F. Munte, J. Strempel, and H. J. Heinze, *"Computer-aided EMG analysis in Patients with Neurogenic Lesions,"* Electromyogr. Clin. Neurophysiol., Vol. 32 (9), pp.463-466, 1992