

건강한 성인에서 정중 및 경골신경의 F파

고신대학교 의학부 신경과학교실
김 광 수, 유 경 무

F Wave in the Median and Tibial Nerves in Healthy Adults

Kwang Soo Kim, Kyung Mu Yoo

Department of Neurology, Kosin Medical College,
Pusan 602-702, Korea

= Abstract =

F-waves are late responses occurring after the M-response on supramaximal stimulation of motor fibers. The F-wave is useful in evaluating proximal motor nerve conduction and in assessing the integrity of the ventral root. It also provides a measure of motor neuron excitability.

This study was undertaken to get normal data of F wave in the median and tibial nerves. Observations were made on 40 healthy adult subjects (20 men and 20 women) ranging in age from 24 to 69 years and in height from 147 to 186 cm. F-waves were recorded from the abductor pollicis brevis and the abductor hallucis by stimulations at various sites along the median and tibial nerves, respectively. Twenty consecutive traces were carried out, and F-wave latency (FWL), F-wave conduction velocity (FWCV), F ratio, and F-response frequency were determined. FWL in the median nerve was influenced by age, height and arm length, and FWL in the tibial nerve influenced by age and height. FWCV in the median nerve was influenced by arm length, and FWCV in the tibial nerve influenced by age. F-response frequency in the median and tibial nerves were not influenced by age, sex, height, and limb length.

Key Words : F-wave, Normal values, Median nerve, Tibial nerve

서 론

신경전도검사는 말초신경의 병변을 객관적으로 진단하고 평가하는데 유용하나 통상적인 신경전도속도검사로는 말초신경의 근위부 병변이 있는 경우에는 측정하지 못하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 F파, H 반사 및 체감각유발전위검사 등이 이용되고 있다. 그러나 H 반사는 전기자극이 감각신경섬유를

따라서 척수까지 전도된 다음 운동신경섬유를 따라서 반응이 전도되는 단연접성 반사로 병변이 감각신경섬유에 있는지 혹은 운동신경에 있는지 알 수 없으며, 또한 성인에서 H 반사는 제1천추신경근이 지배하는 비복근(gastrocnemius)이나 가자미근(soleus)에서만 유발된다. 체감각유발전위검사는 감각신경섬유를 따라서 전도되므로 운동신경섬유의 병변을 평가할 수

었다.

F파는 운동신경에 최대상자극을 줄때 역방향 자극에 의해 활성화되는 전각세포들의 역점화로 인해 발생하는 후기 근전위로 근위부 운동신경전도 및 전신경근의 상태를 평가하는데 유용하며 운동신경원의 흥분성을 객관적으로 평가할 수 있는 검사방법이다¹⁶⁾. 이런 F파는 상하지 대부분의 근육에서 관찰할 수 있는데 특히 손발의 내재근(intrinsic muscle)에서 잘 나타난다.

1950년 Magladery와 MacDougal 등²¹⁾이 처음 F파를 기술한 이래 이에 관한 많은 연구와 임상적 이용이 이루어 지고 있다. 이미 F파검사로 Charcot-Marie-Tooth 질환¹⁴⁾, Guillain-Barre증후군¹⁵⁾, 당뇨병성 신경병증¹⁹⁾, 알코올성 신경병증⁵⁾, 요독증²⁾ 및 근위축성 측삭경화증^{3,4)} 등에서 근위부 신경분절의 장애가 밝혀졌으며, 또한 F파가 운동신경원의 역점화에 의해 발생하므로 중추운동신경계의 기능을 평가하는 데에도 도움이 된다고 한다¹⁰⁾.

저자들은 병력과 이학적 및 신경학적 검사상 이상이 없는 성인들을 대상으로 F파의 잠복시간(F-wave latency : FWL), F파 전도속도(F-wave conduction velocity : FWCV), F비(F ratio) 및 F파 반응빈도(F-wave frequency) 등의 정상치를 수립하고 또한 연령, 성별, 신장, 상지 및 하지길이 등에 따른 F파의 변동을 알아보기 위해 본 연구를 시도하였다.

대상 및 방법

본 연구의 대상은 병력과 이학적 검사상 내과계 및 신경과계 질환이 없는 건강한 성인 40명(남자 20명, 여자 20명)으로 이들의 연령분포는 24-69세 (평균 44.3 ± 13.5 세)였고, 신장분포는 147-186 cm(평균 163.9 ± 8.6 cm)였으며, 제7경추 극돌기에서 손목까지의 길이 60-77 cm(평균 67.5 ± 4.3 cm), 제7경추 극돌기에서 팔굽이까지의 길이 41-53cm(평균 $46.5 \pm$

2.9 cm), 제12흉추 극돌기에서 발목까지의 길이 95-121 cm, (평균 103.0 ± 4.9 cm) 및 제12흉추 극돌기에서 무릎까지의 길이 65-81 cm(평균 69.5 ± 3.1 cm) 등이었다.

모든 검사대상자는 실내온도가 20-24°C로 유지된 조용한 검사실에서 검사대에 양와위 자세로 편안히 눕게 하고 검사하였다. 검사기기는 Counterpoint MK2(Dantec Electronics)로 우측 정중신경 및 경골신경에서 F파를 구하였으며, 아울러 근위부 운동신경전도속도와 비교하기 위해 원위부 운동신경전도속도(motor nerve conduction velocity : MNCV)도 함께 측정하였다. MNCV는 정중신경에서는 팔굽이와 손목사이에서, 그리고 경골신경은 무릎과 발목사이에서 각각 구하였다. F파 측정은 도1과 같이 Kimura¹⁶⁾의 방법에 따라 정중신경의 F파는 기록전극을 단무지외향근(abductor pollicis brevis)에 부착하고, 손목 및 팔굽이의 정중신경에 각각 20회의 최대상자극을 가하여 나타나는 후기전위파로 하였으며, 경골신경의 F파는 기록전극을 무지 외향근(abductor hallucis)에 부착하고 발목 및 슬와의 경골신경에 각각 20회의 최대상자극을 가하여 구하였다. 정중신경 및 경골신경에서 각각 F파를 구하여 FWL, FWCV, F비, 및 F파 반응빈도 등을 측정하였다. FWL는 활동전위가 자극점에서 운동신경의 근위부로 향한 다음 전각세포를 돌아 다시 동일 운동신경의 지배를 받는 근육을 수축시킬 때까지 걸리는 시간으로 20회의 최대상자극후 나타나는 F파들 중 가장 짧은 전위파로 하였으며, FWCV는 정중신경에서는 제7경추 극돌기에서 쇄골중양점과 액와를 지나 팔굽이 및 손목까지의 거리를 재고, 경골신경에서는 제12흉추 극돌기에서 대퇴골의 대전자를 지나 무릎 및 발목까지의 길이를 각각 재서 이 거리에 해당하는 근위부 신경분절의 잠복시간으로 나누어 구하였고, F비는 원위신경분절에 대한 근위신경분절의 신경전도를 나타내는 것으로 근위신경분절의 잠복시간을 원위신경분절의 잠

복시간으로 나누어 구하였다. 그리고 F파 반응빈도는 최대상자극을 가하여 나타나는 F파의 수를 자극횟수인 20으로 나누어 백분률로 환산하여 구하였다.

연령, 성별, 신장, 팔길이 및 다리길이 등이 FWL, FWCV, F파 반응빈도 및 MNCV에 미치는 영향을 알아보기 위해 단계적 다변량 회귀분석(stepwise multivariate regression analysis)을 이용하였다.

$$F \text{ ratio} = \frac{(F-M-1)/2}{M} = \frac{F-M-1(\text{msce})}{M \times 2(\text{msec})}$$

$$FWCV = \frac{D}{(F-M-1)/2} = \frac{D \times 2(\text{msce})}{F-M-1(\text{msce})}$$

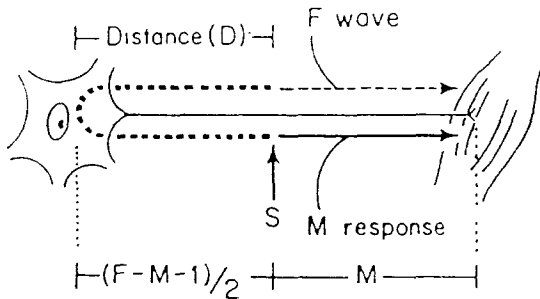


Fig. 1. The latency difference between the F wave and the M response represents the passage of a motor impulse to and from the cord through the proximal segment. Considering an estimated minimal delay of 1.0 ms at the motor neuron pool, the proximal latency from the stimulus site to the cord equals $(F-M-1)/2$, where F and M are latencies of the F wave and the M response. In the Segment to and from the spinal cord. $FWCV = 2D/(F-M-1)$, where D is the distance from the stimulus site to the cord and $(F-M-1)/2$, the time required to cover the length D. Dividing the conduction time in the proximal

segment to the cord by that of the remaining distal segment to the muscle, the F ratio = $(F-M-1)/2M$, where $(F-M-1)/2$ and M are proximal and distal latencies(From Kimura¹⁶⁾).

결 과

건강한 성인 일인에서 팔굽이 정중신경 및 슬와 경골신경자극시 우수 단무지외향근 및 우측 무지외향근에서 각각 기록된 F파의 모양은 도2와 같이 자극마다 잠복시간, 진폭 및 지속시간 등이 다양하였다.

건강한 성인 40명의 FWL, F비, FWCV, 및 F파 반응빈도의 평균치는 표1에서와 같이 손목 정중신경자극시 각각 25.1 ± 1.7 msec, 3.08 ± 0.55 , 65.6 ± 3.3 m/sec 및 $84.6 \pm 12.7\%$ 였으며, 팔굽이 정중신경자극시 각각 22.0 ± 1.2 msec, 0.93 ± 0.08 , 68.4 ± 3.6 m/sec 및 $84.8 \pm 12.9\%$ 였다. 발목 경골신경자극시 각각 47.5 ± 3.9 msec, 3.62 ± 0.47 , 50.7 ± 3.3 m/sec 및 $87.9 \pm 11.2\%$ 였으며, 슬와 경골신경자극시 각각 40.1 ± 2.7 msec, 0.99 ± 0.13 , 53.7 ± 4.8 m/sec 및 $89.1 \pm 11.2\%$ 였다. 그리고 정중신경 및 경골신경의 원위신경분절의 MNCV의 평균치는 각각 55.7 ± 3.1 m/sec 및 44.9 ± 3.1 m/sec였다.

연령, 성별, 신장, 팔길이(제7경추 극돌기에서 팔굽이까지의 길이) 및 다리길이(제12흉추 극돌기에서 무릎까지의 길이) 등을 변수로 하여 이들이 FWL, FWCV, F파 반응빈도 및 MNCV에 미치는 영향을 알아보기 위해 단계적 다변량 회귀분석을 실시하였다. 정중신경의 FWL는 팔길이, 연령 및 신장이 통계학적으로 유의한 변수로 선정되었으며, FWCV는 팔길이만이 유의한 변수로 선정되었고, F파 반응빈도는 연령, 성별, 신장 및 팔길이 모두 유의한 예측변수로 선정되지 않았다. 경골신경의 FWL는 연령과 신장이 통계학적으로 유의한 변수로 선정되었고, FWCV는 연령만이 유의한 변수로 선정되

었고, F파 반응빈도는 정중신경에서와 같이 모두 유의한 예측변수로 선정되지 않았다.

MNCV는 정중신경 및 경골신경에서 모두 연령만이 유의한 변수로 선정되었다(표2).

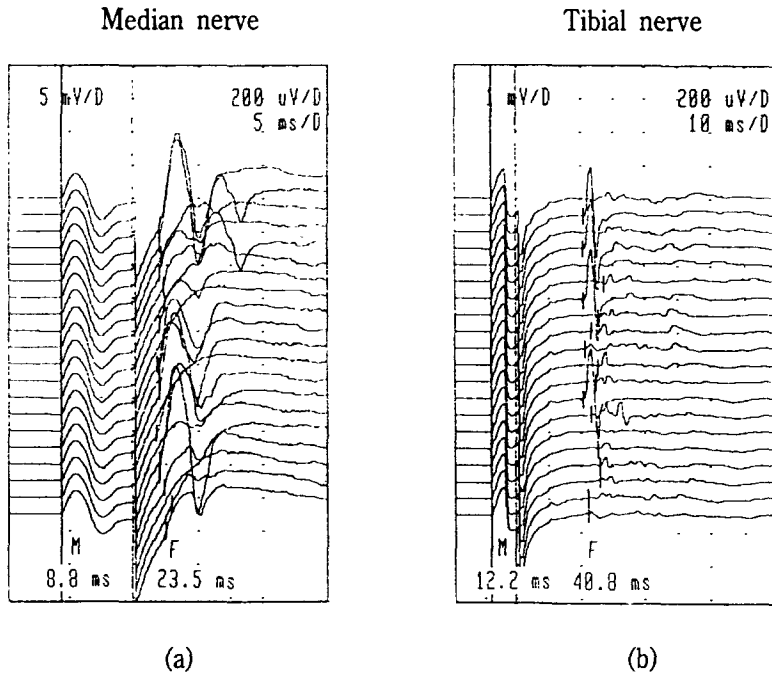


Fig. 2. M responses and F waves of twenty consecutive traces in the median(a) and tibial(b) nerves in a normal subject.

Table 1. Normal data for the F-wave in the median and tibial nerves in 40 subjects (Age 24-69 years, mean 44.3 years. Height 147-186cm, mean 163. 9cm)

Site	FWL(msec)		F-Ratio Mean± SD	FWCV(m/sec)		F-Frequency (%)
	Mean± SD	M+2SD		Mean± SD	M-2SD	Mean± SD
Median N.						
Wrist	25.1± 1.7	28.5	3.08± 0.55	65.6± 3.3	59.0	84.6± 12.7
Elbow	22.0± 1.2	24.4	0.93± 0.08	68.4± 3.6	61.2	84.8± 12.9
Tibial N.						
Ankle	47.5± 3.9	55.3	3.62± 0.47	50.7± 3.3	44.1	87.9± 11.4
Knee	40.1± 2.7	45.5	0.99± 0.13	53.7± 4.8	44.1	89.1± 11.2

FWL : F wave latency, FWCC : F-wave conduction velocity

Table 2. Stepwise multivariate regression analysis in 40 normal subjects

Variable	Regression coefficient			
	FWL	FWCV	F-Frequency	MNCV
<u>Median N.</u>				
Age	0.043**	-0.072	0.278	-0.078*
Height	0.058*			
Arm length	0.169***	0.447*		
<u>Tibial N.</u>				
Age	0.117**	-0.220**	-0.140*	
Height	0.267*	-0.319		
Leg length	0.689			

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Sex was not included in the all final regression models.

FWL : F-wave latency, FWCV : F-wave conduction velocity, MNCV : motor nerve conduction velocity

고 찰

F파는 운동신경원의 역방향자극에 의해 발생하는 운동반응으로 말초운동신경에 최대상 자극을 줄때 그 신경의 지배를 받는 근육에서 초기반응으로 M반응이 발생된 후 후기반응으로 나타난다¹⁶⁾. 자극전극을 신경의 원위부로부터 근위부로 이동시켜서 자극을 주면 M반응의 잠복시간은 연장되고 F파 잠복시간은 감소하는데 이는 F파의 전기적 충동이 근육을 활성화하기 전에 척수로 향해 구심성으로 이동하기 때문으로 F파의 잠복시간은 척수까지의 역방향과 정방향 경로의 길이에 비례한다. F파가 초기에는 반사반응으로 생각하였으나²¹⁾, 후신경근이 절단된 사지에서도 F파가 존재한다¹⁵⁾는 것과 단섬유근전도(single fiber EMG)분석에서 F파 반응은 운동축삭의 직접 활성화를 필요로 한다²⁵⁾는 것으로 보아 운동신경원의 역점화에 의해 F파가 발생하는 것으로 간주하고 있다. F파 반응은 운동신경원들 중 역방향자극에 의해 활성화되는 제한된 수의 운동신경원에서 발생하며, 운동단위의 다양한 활성화로 인해 자극마다 잠복시간, 진폭 및 지

속시간 등이 다양하게 나타난다. 이러한 다양한 F파 반응은 운동신경원의 흥분상태와 운동신경원에 대한 흥분성 및 억제성 영향 등 중추성 상호작용과 관계가 있다¹⁰⁾.

F파 잠복시간의 측정은 다발성 신경근병증의 진단에 예민하여 원위부 운동신경전도가 정상일때에도 F파 잠복시간에서 종종 이상을 보인다^{2, 5, 17, 20)}. Guillain-Barre 증후군에서 원위부 운동신경전도와 비교하여 근위부 F파전도가 저명하게 지연되는데 이는 병변이 일차적으로 근위부 운동신경을 침범한다는 것과 일치한다¹⁸⁾. F파 잠복시간은 근위부 운동신경 혹은 신경근손상²⁷⁾, 전각세포 및 신경근의 기능장애를 초래하는 척수공동증²³⁾ 등에서도 지연되었다고 하며, 가지미근(soleus) F파 잠복시간은 제1천추 신경근병증환자의 약 80%에서 이상을 보였다고 한다¹²⁾. 그리고 Guillain-Barre증후군, 근위부 신경 혹은 신경근 손상²⁷⁾ 및 근위축성 측삭경화증²⁴⁾ 등에서 원위부 운동신경전도가 정상일때에도 F파가 나타나지 않거나 F파 반응빈도가 감소한다고 하며, 근위축성 측삭경화증에서 F파 반응빈도가 감소하는 것은

운동신경원의 소실과 관계가 있다고 한다²⁴⁾. 중추신경계 병변에서도 F파의 변화를 관찰할 수 있다. 근긴장과 반사작용이 감소되어 있는 뇌졸중 초기에 F반응의 진폭과 지속성이 감소되는데 이는 중추성 흥분성의 감소와 관계있으며¹²⁾, 근강직이 있는 환자에서는 F파의 진폭과 지속성이 증가하였다고 한다⁶⁾.

F파의 검사지표로는 수회 자극해서 얻은 F파들 중 가장 짧은 잠복시간을 택하는 최소잠복시간, 진폭, 파의 지속시간, 파발생의 지속성(persistence), 파의 신경전도속도, 원위신경분절에 대한 근위신경분절의 잠복시간의 비(ratio), 최대잠복시간과 최소잠복시간의 차이인 분산도(chronodispersion) 및 M파 진폭에 대한 F파 진폭의 비(F/M ratios) 등 여러 검사지표가 있으나 최소잠복시간과 F파 신경전도속도 외에 다른 검사지표를 사용하는 경우는 드문 실정이다. F파 잠복시간은 근위부 신경전도시간을 평가하고 F파 전도속도를 구하는데 이용될 수 있으며¹⁴⁾, F파 지속시간과 진폭은 특정한 F파의 운동단위 크기 및 수와 관계가 있고⁷⁾, F파의 지속성은 특정한 운동신경원의 역방향성 흥분도를 나타내고, F파 분산도는 F파의 전도범위를 측정할 수 있고²²⁾, M파에 대한 F파 진폭의 비는 역방향성 자극에 의해 활성화되는 운동신경원의 비율을 측정할 수 있다⁹⁾.

본 연구에서 건강한 성인 40명의 정중 및 경골신경의 FWL, F비, FWCV 평균치는 손목 정중신경자극시 각각 25.1 ± 1.7 msec, 3.08 ± 0.55 , 65.6 ± 3.3 m/sec, 팔굽이 정중신경자극시 각각 22.0 ± 1.2 msec, 0.93 ± 0.08 , 68.4 ± 3.6 m/sec이었으며, 발목 경골신경자극시 각각 47.5 ± 3.9 msec, 3.62 ± 0.47 , 50.7 ± 3.3 m/sec, 슬와 경골신경자극시 각각 40.1 ± 2.7 msec, 0.99 ± 0.13 , 53.7 ± 4.8 m/sec이었다. 이는 서 등¹⁾의 정상인 30명에서 얻은 팔굽이 정중신경자극시 FWL, F비, FWCV 평균치 각각 23.2 ± 1.8 msec, 1.24 ± 0.21 , 60.0 ± 5.7 m/sec와 슬와 경골신경자극시 각각 40.3 ± 3.9 msec, 1.17 ± 0.13 , 48.7

± 5.3 m/sec, 그리고 Kimura¹⁶⁾의 정상인 61명에서 얻은 손목 정중신경 FWL, FWCV 평균치 각각 26.6 ± 2.2 msec, 65.3 ± 4.7 m/sec, 팔굽이 정중신경자극시 FWL, F비, FWCV 평균치 각각 22.8 ± 1.9 msec, 0.98 ± 0.08 , 67.8 ± 5.8 m/sec와 정상인 59명에서 얻은 발목 경골신경자극시 FWL, FWCV 각각 47.7 ± 5.0 msec, 52.6 ± 4.4 m/sec, 슬와 경골신경자극시 FWL, F비, FWCV 각각 39.6 ± 4.4 msec, 1.11 ± 0.11 , 53.7 ± 4.8 m/sec의 결과와 각각 비교하여 다소의 차이가 있었는데 이는 각 검사실마다 검사대상자의 연령, 신장, 상하지길이, 검사조건 및 검사기기 등 여러 조건의 차이 때문으로 생각된다. 그리고 본연구에서 건강한 성인 40명의 F파 반응빈도의 평균치는 손목 및 팔굽이 정중신경자극시 각각 $84.6 \pm 12.7\%$ (55-100%), $84.8 \pm 12.9\%$ (55-100%)이었으며, 발목 및 슬와 경골신경자극시 각각 $87.9 \pm 11.4\%$ (50-100%), $89.1 \pm 11.2\%$ (55-100%)로 Peioglou-Harmoussi 등²⁴⁾이 정상인 21명의 척골신경을 연속적으로 200회 자극하여 얻은 F파 반응빈도 평균치 $79.1 \pm 10\%$ (50-93%)와 Fisher 등¹¹⁾이 정상인 11명의 정중신경을 100회 자극하여 얻은 F파 반응빈도 $89 \pm 6.8\%$ (79-100%)와 비교하여 다소 차이가 있었는데 이는 검사방법 및 검사기기 등 조건의 차이 때문으로 생각된다.

연령, 성별, 신장 및 상하지길이 등이 FWL, FWCV 및 원위부 MNCV 등에 미치는 영향에 대해 알아보면, Peioglou-Harmoussi 등²⁵⁾은 F파 잠복시간은 신장과 밀접한 관계가 있고 연령과는 정도는 덜하지만 어느 정도 관계가 있다고 하였으며 전도속도는 원위부 MNCV는 연령과 유의한 관계가 없었으나 FWCV는 통계학적 유의성은 없으나 연령이 증가할수록 감소하였다고 하였으며, 전도속도와 성별과는 관계가 없었다고 하였다. Fisher⁸⁾는 F파 잠복시간은 연령 및 상하지길이와 관계가 있었다고 하였다. 본 연구에서 FWL는 정중신경에서는 팔길이, 연령 및 신장과 통계학적으로 유의한 관계가 있었

으며, 경골신경에서는 연령 및 신장과 유의한 관계가 있었는데 이는 Peioglou-Harmoussi 등²⁵⁾과 Fisher⁸⁾의 결과와 비슷하다. 그리고 FWCV는 정중신경에서는 팔길이와 유의한 관계가 있었으며 경골신경에서는 연령과 유의한 관계가 있었고, 원위부 MNCV는 정중신경 및 경골신경 모두 연령과 유의한 관계가 있었다. 성별은 정중 및 경골신경의 FWL, FWCV 모두에 영향을 미치지 않았다. 이는 원위부 MNCV는 연령과 유의한 관계가 없었다고 하는 Peioglou-Harmoussi 등²⁵⁾의 결과와는 일치하지 않았으며, 본 연구에서 연령이 증가할수록 FWCV가 정중신경에서는 통계학적 유의성은 없으나 감소하는 경향을 보였고 경골신경에서는 통계학적으로 유의하게 감소를 보였는데 이는 Peioglou-Harmoussi 등²⁵⁾의 결과와 유사하다. F파 반응빈도는 연령, 성별, 신장 및 상하지길이 등과 관계가 없었다.

요 약

F파의 여러 검사지표인 FWL, F비, FWCV 및 F파 반응빈도 등의 정상치는 각 검사실마다 검사방법, 조건 및 검사시기 등에 따라 다소 차이가 있으므로 저자들은 병력과 이학적 및 신경학적 검사상 이상이 없는 건강한 성인 40명(남자 20, 여자 20)을 대상으로 Counterpoint Mk2 근전도기기를 이용하여 정중 및 경골신경의 F파의 정상치를 구하였다.

FWL, F비, FWCV 및 F파 반응빈도 등의 평균치는 손목 정중신경자극시 각각 25.1 ± 1.7 msec, 3.08 ± 0.55 , 65.6 ± 3.3 m/sec, $84.6 \pm 12.7\%$ 였고, 팔굽이 정중신경자극시 각각 22.0 ± 1.2 msec, 0.93 ± 0.08 , 68.4 ± 3.6 m/sec, $84.8 \pm 12.9\%$ 이었으며, 발목 경골신경자극시 각각 47.5 ± 3.9 msec, 3.62 ± 0.47 , 50.7 ± 3.3 m/sec, $87.9 \pm 11.4\%$ 였고, 슬와 경골신경자극시 각각 40.1 ± 2.7 msec, 0.99 ± 0.13 , 53.7 ± 4.8 m/sec, $89.1 \pm 11.2\%$ 이었다.

FWL는 정중신경에서는 팔길이, 연령, 신장에, 경골신경에서는 연령과 신장에 각각 영향을 받았고, FWCV는 정중신경에서는 팔길이에, 경골신경에서는 연령에 각각 영향을 받았고, MNCV는 정중 및 경골신경 모두 연령에 영향을 받았으며, F파 반응빈도는 연령, 성별, 신장 및 상하지길이 등 어느 것과의 관계가 없었다.

참 고 문 헌

1. 서정규, 박성파, 김종열 : 당뇨병성 다발성 신경병증에서 F파의 변화. 경북의대지 33 : 275-284, 1992.
2. Ackil AA, Shahani BT, Young RR, Rubin NE : Late response and sural conduction studies. Usefulness in patients with chronic renal failure. Arch Neurol 38 : 482-485, 1981.
3. Argyropoulos CJ, Panayiotopoulos CP, Scarpalezos S : F- and M-wave conduction velocity in amyotrophic lateral sclerosis. Muscle Nerve 1 : 479-485, 1978.
4. Brown WF, Jaatoul N : Amyotrophic lateral sclerosis : Electrophysiologic study (number of motor units and rate of decay of motor units). Arch Neurol 30 : 242-248, 1974.
5. D'Amour ML, Shahani BT, Young RR, Bird KT : The importance of studying sural nerve conduction and late responses in the evaluation of alcoholic subjects. Neurology 29 : 1600-1604, 1979.
6. Eisen A, Odusote K : Amplitude of the F wave : A potential means of documenting spasticity. Neurology 39 : 1306-1309, 1979.
7. Feasby TE, Brown WF : Variation of motor unit size in the human extensor digitorum brevis and thenar muscles. J Neurol Neurosurg Psychiatry 37 : 916-926, 1974.
8. Fisher MA : F response latency determi-

- nation. *Muscle Nerve* 5 : 730-734, 1982..
9. Fisher MA : F/M ratios in polyneuropathy and spastic hyperreflexia. *Muscle Nerve* 11 : 217-222, 1988.
 10. Fisher MA : AAEM Minimonograph #13 : H reflexes and F waves : Physiology and clinical indications. *Muscle Nerve* 15 : 1223-1233, 1992.
 11. Fisher MA, Hoffen B, Hultman C : Normative F wave values and the number of recorded F waves. *Muscle Nerve* 17 : 1185-1189, 1994.
 12. Fisher MA, Shivde AJ, Teixeira C, Grainer LS : Clinical and electrophysiological appraisal of the significance of radicular injury in back pain. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 41 : 303-306, 1978.
 13. Fox JE, Hitchcock ER : F wave size as a monitor of motoneuron excitability : the effect of deafferentation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 50 : 453-459, 1987.
 14. Kimura J : F-wave velocity in the central segment of the median and ulnar nerve : a study in normal subjects and in patients with Charcot-Marie-Tooth disease. *Neurology* 24 : 539-546, 1974.
 15. Kimura J : Proximal versus distal slowing of motor nerve conduction velocity in the Guillain-Barre syndrome. *Ann Neurol* 3 : 344-350, 1978.
 16. Kimura J. *Electrodiagnosis in disease of nerve and muscle : Principles and practice*. 2nd ed. Philadelphia : F.A. Davis, 1989, 332-355.
 17. Kimura J, Bosch P, Lindsay GM : F-wave conduction velocity in the central segment of the peroneal and tibial nerves. *Arch Phys Med Rehabil* 56 : 492 -497, 1975.
 18. Kimura J, Butzer JF : F-wave conduction velocity in Guillain-Barre syndrome. Assessment of nerve segment between axilla and spinal cord. *Arch Neurol* 32 : 524-529, 1975.
 19. Kimura J, Yamada T, Stevland NP : Distal slowing of motor nerve conduction velocity in diabetic polyneuropathy. *J Neurol Sci* 42 : 291-302, 1979.
 20. Lachman T, Shahani BT, Young RR : Late responses as aids to diagnosis in peripheral neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 43 : 156-162, 1980.
 21. Magladery JW, McDougal DB : Electrophysiological studies of nerve and reflex in normal man. I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibers. *Bull Johns Hopkins Hosp* 86 : 265-290, 1950.
 22. Panayiotopoulos CP : F chronodispersion : a new electrophysiologic method. *Muscle Nerve* 2 : 68-72, 1979.
 23. Peioglou-Harmoussi S, Fawcett PRW, Howel D, Barwick DD : F-responses in syringomyelia. *J Neurol Sci* 75 : 293-304, 1986.
 24. Peioglou-Harmoussi S, Fawcett PRW, Howel D, Barwick DD : F-response frequency in motor neuron disease and cervical spondylosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 50 : 593-599, 1987.
 25. Peioglou-Harmoussi S, Howel D, Fawcett PRW, Barwick DD : F-response behavior in a control population. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 48 : 1152-1158, 1985.
 26. Trontelj JV : A study of the H-reflex by single fiber EMG. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 36 : 951-959, 1973.
 27. Wulff CH, Gilliatt RW : F waves in patients with hand wasting caused by a cervical rib and band. *Muscle Nerve* 2 : 452-457, 1979.