

탈수초성 말초신경병증의 진단 및 추적관찰에 있어서 신경전도검사 표준화의 유용성

연세대학교 의과대학 신경과학교실, 분당제생병원 신경과*, 광혜병원 신경과**, 상계백병원 신경과***, 국립의료원 신경과, 이화여자대학교 신경과학교실†

이경열 · 김우경 · 권순희* · 조태영** · 이송현*** · 정근호† · 박기덕†† · 김승민 · 선우일남

The Usefulness of Standardization of the Nerve Conduction Study in the Diagnosis and Follow Up of the Demyelinating Polyneuropathy

Kyung Yul Lee, Woo Kyung Kim, Soon Hee Kwon*, Tae Young Cho**, Soong Hyun Lee***, Keun Ho Cheong†, Kee Duk Park††, Seung Min Kim, Il Nam Sunwoo

Department of Neurology, Yonsei University College of Medicine, Boondang Jasaeng Hospital*, Kwang Hey Hospital**, Sanggye Paik Hospital***, National Medical Center†, Ewha Womans University††

Background : Nerve conduction study is an objective and quantitative diagnostic method for the diagnosis and follow-up study of polyneuropathy. Sometimes it is hard to interpret the nerve conduction study, because there are many segmental variables to test and uneven distribution of abnormalities in polyneuropathy. And there can be some interpersonal differences in the interpreting the results. It is obvious that one objective and quantitative value that represents the many segmental variables is helpful for the clinical interpretation and follow-up of polyneuropathy. **Methods :** We evaluated 242 normal subjects and 71 patients with demyelinating polyneuropathy to find out a standardized representative value, distinguishing patients from normal subjects. The standardized representative value was made by combination of the some standardized segmental variables which showed marked differences between two groups. We evaluated the clinical usefulness of this value by comparing the sequential changes of this value with the clinical course. **Results :** Statistically significant differences were present in each segmental value of the nerve conduction study between the groups of patients and normal persons. The diagnostic sensitivity of the segmental value was in range of 25.7%-81.8% in case of 2SD criteria. The diagnostic sensitivity of each functional standardized value - average of the segmental standardized values of same nature - was in range of 54.1%-89.9% in case of 2SD criteria. Using 3SD criteria the sensitivity was reduced to 20.9%-81.1%, more in sensory and mixed nerve than motor nerve. By combination of these functional standardized values, the diagnostic sensitivity could increase up to 79.1%-93.2% on 3SD criteria. **Conclusions :** The best combination which represents the NCV study is the average of the motor nerve terminal latency, the motor nerve conduction velocity, and the ratio of conduction block with 93.2% sensitivity and 100% specificity. This representative value well reflects the clinical course of patient in follow-up studies.

J Kor Neurol Ass 16(4):510 ~ 518, 1998

Key Words : Nerve conduction study, Demyelinating polyneuropathy, Standardization, Representative value

서 론

신경전도검사(nerve conduction study)는 말초신경의 기능장애를 객관화하고 정량화할 수 있어서 말초신경병증의 진단 및 추적관찰에 필수적인 검사로 활용되고 있다.^{1,2} 말초신경은 조직학적으로 축삭돌기와 수초로 구성되어 있으며 따라서 말초신경병증은 병리학적으로 주로 수초를 침범하는 탈수초성 질환과 축삭돌기를 침범하는 축삭성 질환으로 나누어진다. 이 두 질환의 감별방법은 신경생검

Manuscript received February 21, 1998.

Accepted in final form May 14, 1998.

* Address for correspondence

Il-Nam Sunwoo, M.D.

Department of Neurology, Yonsei University, College of Medicine, C.P.O. Box 8044 Seoul, 120-752, Korea

Tel : +82-2-361-5460 Fax : +82-2-393-0705

E-mail : sunwoo@yumc.yonsei.ac.kr

및 신경전도검사이지만 신경생검은 그 검사기술이 까다롭고 침습적이며 검사가 가능한 신경이 비복신경과 같은 감각신경에 국한되기 때문에 유용성에는 한계가 있다. 따라서 실제 임상에서는 신경전도검사가 큰 비중을 차지하게 된다.

신경전도검사는 경피전극자극으로 말초신경을 자극한 다음 일정거리 떨어진 말초신경이나 근육에서 나타나는 활동전위를 피부전극으로 검출한 다음 그 진폭과 신경전달속도를 측정하는 검사로서 탈수초성 말초신경병증에서는 주로 신경전달속도의 지연, 복합활동전위의 이산(dispersion) 및 신경전도차단(conduction block) 등이 나타난다.^{9,10} 이에 비해서 축삭성 말초신경병증에서는 Wallerian degeneration 때문에 경미한 신경전달속도의 지연이 나타날 수 있지만 복합활동전위의 진폭이 감소하는 것이 특징으로서 복합활동전위의 이산이나 신경전도차단은 보이지 않는다.^{11,12}

신경전도검사의 판정이나 말초신경을 가능별, 구획별로 나누어서 검사를 시행하고 각 구획에서 복합활동전위의 진폭과 신경전달속도를 정상인의 검사결과와 비교하는 것이다. 즉 검사구획별 정량적인 수치를 정상적으로 해석하는 것이 판단과정에, 신경전도검사 자체가 여러 개의 검사구획으로 나뉘고 또한 다발성 말초신경병증에서 나타나는 이상소견이 모든 검사구획에서 고르게 나타나지 않는다는 점으로 인해서 이 과정에는 판독자의 주관적인 견해가 포함될 수 있다는 문제점이 있다. 또한 추적관찰에 있어서 신경전도검사에서는 검사구획별로 호전되는 구획과 악화되는 구획이 동시에 나타날 수 있는데 이 경우 임상경과의 판단자체가 어렵게 된다. 따라서 진단과정 및 추적관찰에서 발생할 수 있는 문제점을 최소화하기 위해서는 신경전도검사 결과를 객관적으로 대표할 수 있는 정량화된 수치가 필요하다고 생각된다.

따라서 이번 연구의 목적은 첫째, 탈수초성 말초신경병증에서 신경전도검사의 결과를 전체적으로 종합하여서 대표할 수 있는 수치를 결정한 다음 둘째, 이 대표값의 진단적 의의 및 추적관찰에 있어서 임상적인 변화를 충실하게 반영하는지를 평가하는 것이다.

재료 및 방법

1. 연구대상

연구 대상은 1991년 10월부터 1997년 9월까지 연세대학교 의과대학부속 세브란스병원 신경과 신경전기진단실에서는 신경전도검사를 시행한 사람으로서 정상군과 탈수초성 말초신경병증군의 두군으로만 한정하였다. 단 정상군에 있어서는 세브란스병원에 5개의 병원의 결과도 포함하였는데 검사실간의 차이를 평가하기 위해서 각 검사실의 검사결과는 본원의 검사결과와 통계학적으로 유의한 차이가 있는지를 검토하여 차이가 없다는 사실을 확인하였다.

정상군은 병력 및 진찰상 이상소견이 없으며 말초신경병의 원인이 될 수 있는 과거력이나 무약병력이 없는 피검자를 선정하였으며, 탈수초성 말초신경병증군은 의무기록에서의 최종진단명을 바탕으로 급성 염증성 탈수초성 말초신경병증(acute inflammatory demyelinating

polyneuropathy, AIDP), 만성 염증성 탈수초성 말초신경병증(chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy, CIDP) 및 제1형 유전성 운동감각신경병증(hereditary motor sensory neuropathy type 1)으로 진단된 환자로 국한하였다.

양군에서 신경전도검사 결과에 영향을 줄 수 있는 당뇨병, 심부전증, 내분비장애, 각종 약성신생물, 다발성 혼반성낭창 및 자가면역질환 등의 내과적 질환이 있는 경우와 만성 음주자, 말초신경을 흔히 손상하는 항진핵사나 항암제를 투여받은 병력이 있는 사람, 외상이나 척추근병증이 있는 환자는 모두 제외하였다. 또한 신경전도검사를 1회 이상 시행하여 추적관찰한 경우는 이 추적관찰 검사결과도 모두 포함하였다.

2. 연구방법

신경전도검사는 감각신경으로 상지에서는 정중신경(median nerve)과 척골신경(ulnar nerve)을, 하지에서는 비복신경(sural nerve)을 검사하였다. 운동신경으로 상지에서는 정중신경과 척골신경을, 하지에서는 후경골신경(posterior tibial nerve)과 비골신경(peroneal nerve)을 구획별로 나누어서 검사하였으며, 정중신경과 척골신경의 구획별 혼합신경도 검사하였다.

검출전극, 자극전극 및 절지전극은 모두 삼중화된 피부전극을 사용하였다. 감각신경 전도검사는 정중신경에서는 인지부터 팔목까지(finger-wrist, F-W), 척골신경은 약지부터 팔목까지(F-W)의 구획에서 검사하였다. 혼합신경(mixed nerve)은 정중신경 및 척골신경의 팔목에서 팔꿈치(wrist-elbow, W-E) 및 팔꿈치에서 엘보우(elbow-axilla, E-Ax)의 구획에서 정향적(orthodromic) 방법으로 검사하였다. 상지에서의 운동신경 전도검사는 검출전극을 정중신경의 단두지외전근(abductor pollicis brevis, APB)과 척골신경의 소지외전근(abductor digiti quinti, ADQ)에 부착하고 광목, 팔꿈치 및 엘보우의 순서대로 자극하여 구획별 운동신경 전도속도와 전위폭을 측정하였다. 다리에서의 감각신경은 정만지부위의 비복신경에서 역향적(antidromic)방법으로 검사를 시행하였다. 운동신경 전도검사는 검출전극을 비골신경의 단지신근(extensor digitorum brevis)과 후경골신경의 무지외전근(abductor hallucis)에 부착하고 발목부위와 무릎부위를 자극하여서 신경전도검사를 시행하였다. 자극의 강도는 운동신경 전도검사를 위하여 최대자극(supramaximal stimulation)을, 감각신경이나 혼합신경 전도검사를 위하여 최대 복합신경전위폭을 나타내는 최소한의 자극강도로 복합운동활동전위(compound muscle action potential, CMAP)와 복합신경활동전위(compound nerve action potential, CNAP)를 유발하였다.

신경전도검사는 구획별 신경전달속도와 복합운동활동전위 및 복합신경활동전위의 진폭을 측정하였는데 신경전달속도는 m/sec 단위, 복합운동활동전위는 millivolt, 복합신경활동전위는 microvolt 단위로 나타내었다. 검사기기는

주로 Cadwell(Kennewick, WA, U.S.A.)사의 Excel 을 사용하였다. 신경전도검사의 결과분석은 SPSS for windows 통계 package를 이용하였다.

연구의 첫번째 단계에서는 정상군과 환자군의 신경전도 검사를 구획별로 비교하여 통계학적으로 유의한 차이가 있는 지 확인한 다음 각 구획별 검사값의 진단적 감수성을 평가하였다. 이 과정에서 전위폭의 분포는 신경전도속도와는 달리 폭이 좁아 왼편으로 치우치는 경향이 있기 때문에 통계학적 모수검정을 위하여 제곱근을 구하여 정상분포로 변환하였다.¹³ 그리고 전도차단율은 원위부 자극시의 복합운동활 동전위에 대하여 근위부 자극시의 복합운동활동전위의 감 소 비율로서 측정하였다.

두번째 단계에서는 각 구획별 검사값을 정상평균값 및 표준편차에 대한 Z score로 표준화한 다음 기능별로 표준 화값을 취하여 평균을 구하고 이 평균값의 진단적 감수성 을 다시 평가하여 구획별 검사값의 감수성과 비교하였다. 표준화값(Z score)은 환자군의 각각의 환자로부터의 구획 별 검사값으로부터 정상군의 같은 구획별 검사값의 평균값 을 감한 후에 그 값을 정상군의 구획별 검사값의 표준편차 로 나누어서 구하였다.¹⁴

세번째 단계에서는 기능별 표준화값을 여러가지 방법으로 조합하여 탈수초성 말초신경병증을 가장 잘 대표할 수 있는 수치를 결정할 다음 이 대표값의 진단적 의의를 평가 하였다.

마지막 단계로 환자군 중에서 추적검사를 시행한 환자를 대상으로 하여 대표값의 변화와 임상적 양상 변화의 비교를 통하여 이 대표값의 임상추적관찰에서의 유용성에 대하여 검토하였다.

결 과

정상군은 모두 242명이었으며 환자군은 71명이었다. 환 자군의 분포는 급성 염증성 탈수초성 말초신경병증이 28명, 만성 염증성 탈수초성 말초신경병증이 21명, 제1형 유전성 운동감각신경병증이 22명이었다. 정상군과 환자군의 연령, 성별, 진단명 및 총검사횟수는 Table 1, Table 2와 같다.

정상군과 환자군에서 신경전도검사상 검사구획별 검사값 의 평균값은 Table 3과 같은데 이중 복합운동전위의 진폭 은 평균값에 보다 가깝게 고정된 실제 검사수치의 제곱근 값이다. 각 구획별 검사값의 평균은 모두 정상군과 환자군 간에 통계적으로 의미있는 차이를 보였는데($p < 0.001$), 그 중에서도 정중운동신경 전도속도(MM V W-E, E-Ax), 척골운동신경 전도속도(UM V W-E, E-E) 및 전도차단율 (UM RATIO), 비골신경 전도속도(PER VEL), 후경골신 경의 말단부 활동전위폭(TIB AM A)등이 구획별 검사값이 비교적 큰 1값을 나타내었다.

환자군에서 검사구획별 이상소견이 관찰되는 빈도는 정상 평균값의 2표준편차를 기준으로 하였을 때 작게는 25.7% 에서부터 크게는 81.8%였는데 전박부의 정중운동신경 전 도속도(MM V W-E), 척골운동신경 전도속도(UM V W-E) 및 전도차단율(UM RATIO), 비골신경 전도속도(PER

VEL), 후경골신경 전도속도(TIB VEL)가 70%이상의 빈 도를 보였다. 복합운동활동전위의 진폭에서는 후경골신경에 서만 이상소견의 빈도가 70%이상이었다(Table 4).

신경전도검사 결과를 각 구획별 표준화값으로 변환한 다음 운동신경 전도검사는 말단감폭기, 신경전도속도, 복합운동활 동전위 진폭, 신경전도차단율의 4가지로, 감각신경과 혼합신 경은 각각 신경전도속도와 복합신경활동전위 진폭의 4가지 등 총 8개의 기능별 표준화값으로 취하였다. 정상군과 환 자군에서 기능별 표준화값의 평균을 비교한 결과 모든 표준 화값에서 통계적으로 의미있는 차이를 보였으며 구획별 검사 값에 비해서 증가된 1값을 보였으며($p < 0.001$, Table 5).

환자군에서 기능별 표준화값의 이상소견이 관찰되는 빈 도는 정상 평균값의 2표준편차를 기준으로 하였을 때 작게 는 54.1%부터 크게는 89.9%로서 구획별 검사값의 경우 보다 증가하였으나 3표준편차를 기준으로 하였을 때에는 20.9%~81.1%로 감소되어서 진단적 기준으로는 미흡한 점 을 보였다. 또한 운동신경보다는 감각신경이나 혼합신경 의 대표값이 비교적 낮은 진단적 감수성을 보였다.

각 환자를 대표할 수 있는 하나의 수치를 구하기 위하여 상기 8개의 기능별 표준화값을 여러가지 방법으로 종합한 결과 말단감폭기, 운동신경 전도속도 및 신경전도차단율의 세가지 표준화값을 평균한 수치가 가장 진단적 감수성이 높 아서 이상소견의 기준을 3표준편차로 하더라도 93.2%의 진단적 감수성을 보였고(Table 6), 특이성은 100%였다 (Table 7).

위에서 제시된 대표값의 임상적 유용성을 평가하기 위하 여 추적검사를 시행한 실제 환자에서 운동신경 말단감폭기 표준화값, 신경전도속도 표준화값, 신경전도차단율 표준화 값과 함께 적용한 결과 대표값의 경우에서 임상경과와 잘 부합된다는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1, Fig. 2).

고 찰

신경전도검사는 말초신경병증의 진단, 치료효과의 판정 및 경과관찰에 있어서 가장 흔히 이용되는 객관적이고 정량 화된 검사방법이다. 그러나 검사결과를 해석하는 과정은 여 러 검사구획별 정량화된 수치를 정상인의 그것과 비교하여 평가하는 것으로서 주관적인 견해가 포함되지는 문제점이 있다. 이 문제점은 본 논문과 결과에서도 쉽게 예상할 수 있 다. 정상인과 비교하여 탈수초성 말초신경병증에서 관찰되 는 구획별 검사결과는 Table 3에서와 같이 통계학적으로 유의한 차이를 보인다. 그러나 실제 구획별 이상소견의 빈도 는 Table 4에서 나타난 것처럼 정상인의 2표준편차를 기준 으로 하더라도 25.7%에서 81.8%까지 넓은 분포를 보이고 있기 때문에 판독 과정에서 어떤 구획을 선택하는가에 따 라서 판정이 영향을 받을 수 밖에 없다. 특히 진단보다도 임 상결과를 추적관찰하는데 있어서 검사구획마다 변화가 있을 때 실제 호전되고 있는지 악화되고 있는지를 감별하는데는 더 큰 문제가 된다. 따라서 각 환자의 신경전도검사 결과를 총괄하여서 표현할 수 있는 정량화되고 객관적인 대표값이 있다면 이런 문제점은 많이 해소될 수 있을 것이다.

Table 1. Age and sex distribution of the normal and patient group

	Normal Group	Patient Group
Age	44.8±12.7 (14~85)	35.7±18.7 (5~79)
Sex	M : F = 126 : 116	M : F = 40 : 31
Total	242	71

Table 2. Disease category and total number of the study in the patient group

Disease	Number of patient	Number of study
AIDP	28	49
CIDP	21	76
HMSN type1	22	23

AIDP : Acute inflammatory demyelinating polyneuropathy
 CIDP : Chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy
 HMSN type 1 : Hereditary motor sensory neuropathy type 1

Table 3. Comparison of the mean segmental value between the normal and patient group

Segmental value	Unit	Normal Group (Mean ± SD)	Patient Group* (Mean ± SD)	t-value
MM TL	msec	3.0 ± 0.4	6.6 ± 4.9	8.8
UM TL	msec	2.3 ± 0.4	4.3 ± 2.3	10.4
PER TL	msec	3.8 ± 0.8	7.1 ± 4.7	7.7
TIB TL	msec	4.0 ± 0.7	7.8 ± 5.0	8.7
MM V W-E	M/sec	59.3 ± 4.4	37.3 ± 13.4	19.2
MM V E-Ax	M/sec	63.7 ± 6.2	42.6 ± 15.0	16.0
UM V W-E	M/sec	60.6 ± 4.8	39.0 ± 15.7	16.1
UM V E-E	M/sec	58.0 ± 7.8	35.0 ± 14.3	17.6
UM V E-Ax	M/sec	62.6 ± 8.0	41.0 ± 15.8	14.9
PER V	M/sec	49.0 ± 4.2	32.0 ± 10.9	16.3
TIB V	M/sec	49.9 ± 4.4	34.4 ± 11.9	14
MM AM W	Sqrt** mV	117.2 ± 17.4	82.3 ± 31.5	12.3
UM AM W	Sqrt mV	118.5 ± 11.8	82.7 ± 30.1	13.8
PER AM A	Sqrt mV	81.8 ± 19.4	45.4 ± 25.8	13.7
TIB AM A	Sqrt mV	139.5 ± 22.9	64.1 ± 40.8	19.2
MM RATIO	%	-8.6 ± 6.8	-36.8 ± 28.1	11.8
UM RATIO	%	-11.7 ± 7.2	-50.1 ± 29.5	15.4
PER RATIO	%	-11.5 ± 11.4	-31.9 ± 29.3	7.2
TIB RATIO	%	-19.8 ± 12.6	-37.2 ± 23.3	7.5
MS V F-W	M/sec	47.3 ± 4.0	38.2 ± 8.5	10.2
US V F-W	M/sec	45.6 ± 4.0	37.5 ± 7.7	9.8
SS V	M/sec	41.9 ± 4.9	35.8 ± 6.6	8
MS AM F-W	Sqrt uV	5.7 ± 1.4	4.2 ± 1.6	8.2
US AM F-W	Sqrt uV	4.7 ± 0.9	3.7 ± 1.2	7.4
SS AM	Sqrt uV	4.9 ± 1.2	4.3 ± 1.3	3.6
Mm V W-E	M/sec	56.5 ± 3.3	47.0 ± 9.4	10.5
Mm V E-Ax	M/sec	60.0 ± 5.6	51.0 ± 10.2	9.3
Um V W-E	M/sec	56.3 ± 3.9	47.7 ± 9.7	8.9
Um V E-Ax	M/sec	57.2 ± 6.5	48.8 ± 10.1	8.1
Mm AM W-E	Sqrt uV	7.2 ± 1.7	5.1 ± 2.2	8.8
Mm AM E-Ax	Sqrt uV	8.6 ± 2.6	5.8 ± 2.4	10.4
Um AM W-E	Sqrt uV	6.8 ± 1.6	4.7 ± 1.7	11.4
Um AM E-Ax	Sqrt uV	7.4 ± 2.0	5.4 ± 1.9	9

MM : median motor nerve
 PER : peroneal nerve
 MS : median sensory nerve
 SS : sural nerve
 Um : ulnar mixed nerve

UM : ulnar motor nerve
 TIB : posterior tibial nerve
 US : ulnar sensory nerve,
 Mm : median mixed nerve

V : nerve conduction velocity, TL : terminal latency, AM : amplitude of action potential
 RATIO : conduction block ratio

F-W : finger-wrist, W-E : wrist-elbow, E-E : across elbow, E-Ax : elbow-axilla, A : ankle

* : p < 0.001

** : square root

탈수초성 말초신경병증에서 신경전도검사의 진단적 기준 및 유용성에 대한 연구는 지금까지 많이 있다.^{4,9,8,10,11,19-18} 탈수초성 말초신경병증은 하나의 질병이라기보다는 병리학적으로 탈수초성의 변화를 보이는 질병들의 집합군으로서 질병마다 신경전도검사상 약간씩 차이가 있을 수 있다.* 그러나 근본적으로 탈수초성 변화라는 공통점 때문에 신경전도검사상 몇가지 공통적인 소견을 보이는데 신경전달속도의 지연, 말단점복기의 지연 및 신경전도차단등이 그것이다.

본 연구에서 탈수초성 말초신경병증 환자에서 이상소견의 빈도가 가장 높은 검사구획은 81.8%의 빈도를 보인 전

박부 정중운동신경 전달속도이고 그의 비골신경 전달속도(78.4%), 전박부 척골운동신경 전달속도(75%), 후경골신경 전달속도(73%)의 순위였다. 신경전도차단은 척골운동신경(75.2%), 정중운동신경(60.7%)의 순위였고 복합운동활동전위의 진폭은 후경골신경에서 75%로 가장 현저하였다. 그러나 이 순위에 있어서 문제가 되는 것은 복합활동전위가 검출되지 않는 경우이다. 활동전위가 검출되지 않는다는 사실은 말초신경이 심하게 손상되었다는 것을 의미하고 따라서 전위폭이 이상이라는 점에는 이견이 없지만 신경전달속도도 비정상이라고는 할 수 없는데 특히 감각신경

Table 4. Frequency of abnormal segmental NCV study in the patient group

Segmental value	Number of study	Number of Abnormal study***	Frequency(%)
MM TL	148	98 (2)**	66.2
UM TL	148	82 (2)**	55.4
PER TL	148	87 (28)**	58.8
TIB TL	148	95 (23)**	64.2
MM V W-E	148	121 (3)**	81.8
MM V E-Ax	148	103 (6)**	69.6
UM V W-E	148	111 (3)**	75.0
UM V E-E	148	103 (7)**	69.6
UM V E-Ax	148	93 (12)**	62.8
PER V	148	116 (31)**	78.4
TIB V	148	108 (23)**	73.0
MM RATIO	145	88	60.7 (61.5)*
UM RATIO	145	109	75.2 (75.7)*
PER RATIO	115	40	34.8 (49.3)*
TIB RATIO	117	37	31.6 (45.9)*
MM AM W	148	63 (2)**	42.6
UM AM W	148	89 (2)**	60.1
PER AM A	148	93 (27)**	62.8
TIB AM A	148	111 (23)**	75.0
MS V F-W	148	96 (49)**	64.9
US V F-W	148	95 (52)**	64.2
SS V	148	83 (60)**	56.1
MS AM F-W	148	74 (48)**	50.0
US AM F-W	148	78 (50)**	52.7
SS AM	148	68 (60)**	45.9
Mm V W-E	148	100 (35)**	67.6
Mm V E-Ax	148	63 (19)**	42.6
Um V W-E	148	93 (37)**	62.8
Um V E-Ax	148	67 (32)**	45.3
Mm AM W-E	148	79 (35)**	53.4
Mm AM E-Ax	148	38 (19)**	25.7
Um AM W-E	148	74 (36)**	50.0
Um AM E-Ax	148	53 (31)**	35.8

MM : median motor nerve

UM : ulnar motor nerve

PER : peroneal nerve

TIB : posterior tibial nerve

MS : median sensory nerve

US : ulnar sensory nerve

SS : sural nerve

Mm : median mixed nerve

Um : ulnar mixed nerve

V : nerve conduction velocity,

TL : terminal latency,

AM : amplitude of action potential

RATIO : conduction block ratio

F-W : finger-wrist,

W-E : wrist-elbow,

E-E : across elbow,

E-Ax : elbow-axilla,

A : ankle

() * : including NP(no potential) case to the number of abnormal study

() ** : number of NP(no potential) case

*** : number of case below 2SD from the mean of normal group

Table 5. Comparison of the mean functional standardized value between the normal and patient group

Functional standardized value	Normal group (Mean ± SD)	Patient group (Mean ± SD)*	t-value
MEAN TL	0.0 ± 0.7	-6.4 ± 7.4	10.4
MEAN M VEL	0.0 ± 0.6	-3.9 ± 2.3	20.0
MEAN RATIO	0.0 ± 0.6	-3.6 ± 2.9	15.1
MEAN M AM	0.0 ± 0.6	-2.7 ± 1.7	18.4
MEAN S VEL	0.0 ± 0.7	-2.1 ± 1.8	11.5
MEAN S AM	0.0 ± 0.8	-1.0 ± 1.1	8.8
MEAN MIX VEL	0.0 ± 0.8	-2.1 ± 2.0	11.5
MEAN MIX AM	0.0 ± 0.8	-1.2 ± 0.9	13.3

MEAN TL : mean functional standardized value of terminal latency from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve.

MEAN M VEL : mean functional standardized value of nerve conduction velocity from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve.

MEAN RATIO : mean functional standardized value of conduction block ratio from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve.

MEAN M AM : mean functional standardized value of motor action potential amplitude from distal segment of median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve.

MEAN S VEL : mean functional standardized value of nerve conduction velocity from distal segment of median sensory nerve, ulnar sensory nerve and sural nerve.

MEAN S AM : mean functional standardized value of sensory action potential amplitude from distal segment of median sensory nerve, ulnar sensory nerve and sural nerve.

MEAN MIX VEL : mean functional standardized value of nerve conduction velocity from proximal segment of median sensory nerve, ulnar sensory nerve and sural nerve.

MEAN MIX AM : mean functional standardized value of action potential amplitude from proximal segment of median sensory nerve, ulnar sensory nerve and sural nerve.

* : p < 0.001

Table 6. Frequency of abnormal functional standardized value and its combinations in the patient group

Functional standardized value	Number of study	Number of abnormal study1*	Number of abnormal study2**	Frequency 1*(%)	Frequency 2**(%)
1.MEAN TL	148	100	83	67.6	56.1
2.MEAN M VEL	148	133	120	89.9	81.1
3.MEAN RATIO	148	113	106	76.4	71.6
4.MEAN M AM	148	113	91	76.4	61.5
5.MEAN S VEL	148	108(41) [†]	85(41) [†]	73.0	57.4
6.MEAN S AM	148	82(40) [†]	54(40) [†]	55.4	36.5
7.MEAN MIX VEL	148	95(18) [†]	81(18) [†]	64.2	54.7
8.MEAN MIX AM	148	80(18) [†]	31(18) [†]	54.1	20.9
CRITERIA A	148	135	117	91.2	79.1
CRITERIA B	148	139	127	93.9	85.8
CRITERIA C	148	142	138	95.9	93.2
CRITERIA D	148	142	136	95.9	91.9
CRITERIA E	148	141	128	95.3	86.5
CRITERIA F	148	141	129	95.3	87.2
CRITERIA G	148	141	134	95.3	90.5
CRITERIA H	148	141	129	95.3	87.2
CRITERIA I	148	138	124	93.2	83.8
CRITERIA J	148	137	123	92.6	83.1

CRITERIA A : mean of 1&2

CRITERIA B : mean of 1&3

CRITERIA C : mean of 1&2&3

CRITERIA D : mean of 1&2&3&4

CRITERIA E : mean of 1&2&3&5

CRITERIA F : mean of 1&2&3&7

CRITERIA G : mean of 1&2&3&4&5

CRITERIA H : mean of 1&2&3&4&5&6

CRITERIA I : mean of 1&2&3&4&5&6&7

CRITERIA J : mean of 1&2&3&4&5&6&7&8

1* : number of case below 2SD from the mean of normal group

2** : number of case below 3SD from the mean of normal group

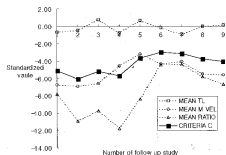
([†]) : number of NP(no potential) case

Table 7. Frequency of abnormal functional standardized value and its combinations in the normal group

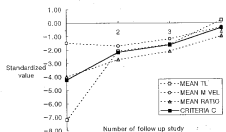
Functional standardized value	Number of study	Number of abnormal study1*	Number of abnormal study2**	Frequency 1*(%)	Frequency 2*(%)
standardized value	of study	abnormal study1*	abnormal study2**	1*(%)	2*(%)
1.MEAN TL	148	9	0	3.7	0.0
2.MEAN M VEL	148	5	0	2.1	0.0
3.MEAN RATIO	148	5	0	2.1	0.0
4.MEAN M AM	148	6	0	2.5	0.0
5.MEAN S VEL	148	3	0	1.2	0.0
6.MEAN S AM	148	0	0	0.0	0.0
7.MEAN MIX VEL	148	2	0	0.8	0.0
8.MEAN MIX AM	148	1	0	0.4	0.0
CRITERIA A	148	6	0	2.5	0.0
CRITERIA B	148	4	0	1.7	0.0
CRITERIA C	148	4	0	1.7	0.0
CRITERIA D	148	8	0	3.3	0.0
CRITERIA E	148	3	0	1.2	0.0
CRITERIA F	148	5	0	2.1	0.0
CRITERIA G	148	4	0	1.7	0.0
CRITERIA H	148	5	0	2.1	0.0
CRITERIA I	148	5	0	2.1	0.0
CRITERIA J	148	5	0	2.1	0.0

CRITERIA A : mean of 1&2 CRITERIA B : mean of 1&3 CRITERIA C : mean of 1&2&3
 CRITERIA D : mean of 1&2&3&4 CRITERIA E : mean of 1&2&3&5 CRITERIA F : mean of 1&2&3&7
 CRITERIA G : mean of 1&2&3&4&5 CRITERIA H : mean of 1&2&3&4&5&6 CRITERIA I : mean of 1&2&3&4&5&6&7
 CRITERIA J : mean of 1&2&3&4&5&6&7&8

1* : number of case below 2SD from the mean of normal group
 2** : number of case below 3SD from the mean of normal group



◀ Figure 1. Follow up NCV studies in a chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy patient. In comparison to stable clinical course of patient, the functional standardized value MEAN TL is in normal range and MEAN RATIO shows fluctuating course. The representative value (CRITERIA C) shows relatively stable course as the clinical course. MEAN TL : mean functional standardized value of terminal latency from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve. MEAN M VEL : mean functional standardized value of nerve conduction velocity from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve. MEAN RATIO : mean functional standardized value of conduction block ratio from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve. CRITERIA C : average of MEAN TL, MEAN M VEL and MEAN RATIO.



◀ Figure 2. Follow up NCV studies in an acute inflammatory demyelinating polyneuropathy patient. As the patient improves clinically, the functional standardized value and representative value show steady increment. MEAN TL : mean functional standardized value of terminal latency from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve. MEAN M VEL : mean functional standardized value of nerve conduction velocity from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve. MEAN RATIO : mean functional standardized value of conduction block ratio from median motor nerve, ulnar motor nerve, peroneal nerve and posterior tibial nerve. CRITERIA C : average of MEAN TL, MEAN M VEL and MEAN RATIO.

이나 혼합신경의 이상소견 빈도에 있어서 문제가 되며, 또한 신경전도차단의 빈도도 이 때문에 크게 달라질 수 있는데 본 연구에서 하지의 신경전도차단의 빈도가 상지보다 현저하게 낮게 나타난 것은 이 때문일 가능성이 많다고 생각된다.

Das등¹⁵⁾은 급성 염증성 탈수초성 말초신경병증의 환자에서 이상소견의 검출빈도는 말단감각기의 지연(75-83%)이 가장 흔하고 활동전위진폭의 감소(63-82%), 운동신경 전달속도의 지연(48-62%), 신경전도차단(17-39%), 감각신경 전달속도의 지연(20-33%)의 순위라고 보고하였는데, 본 연구대상군 급성 염증성 탈수초성 말초신경병증의 환자군에서는 정상군의 2표준편차를 기준으로 이상소견을 정의하였을 경우에 말단감각기의 지연(27-52%), 복합운동활동전위 진폭의 감소(37-65%), 운동신경 전달속도의 감소(27-54%), 신경전도차단율(25-79%), 감각신경 전달속도의 지연(10-25%), 감각신경활동전위 진폭의 감소(4-17%)로서 나타나서 주로는 운동신경에서의 이상을 보인다든 점에서 Das등의 연구결과와는 큰 차이를 보이지 않고 있다. 그러나 본 연구에서의 전체 환자군을 대상으로 비교하였을 때에는 순위나 빈도는 Das등의 연구결과와는 큰 차이를 보인다. 이 차이는 본 연구에서의 관찰대상 환자군에 만성 염증성 탈수초성 말초신경병증과 제1형 유전성 운동감각신경병증이 다수 포함되어 있기 때문이라고 생각되는데 특히 이들 환자군에서는 감각신경이나 복합신경의 활동전위가 검출되지 않는 경우가 많다. 따라서 이런 점에서 본다면 신경전도검사를 감각신경이나 혼합신경의 전달속도나 전위폭은 탈수초성 말초신경병증에 있어서 그 유용성이 떨어진다고 할 수 있다.

탈수초성 말초신경병증의 진단 및 범법의 정도를 표현할 수 있는 대표값을 구하기 위해서 본 연구에서는 표준화값(Z score)을 이용하였다. 실제 검사자료를 그대로 사용하지 않고 이렇게 변환한 이유는 각 검사구획마다 평균과 표준편차가 크게 다르기 때문에 이 표준화값을 이용하는 것이 이론적으로 합당함은 물론 검사결과를 종합하는데 있어서 유용하였기 때문이다. 신경전도검사에서 검사하는 신경은 기능에서 운동신경, 감각신경 및 혼합신경의 세가지로서 각 검사구획별로 신경전달속도와 활동전위진폭을 측정하게 된다. 이외에도 운동신경 전도검사에서는 말단감각기와 신경전도차단율이 포함된다. 신경전도검사를 기능별로 8가지 범수로 취함으로써 표준화값을 평균한 결과 탈수초성 말초신경병증에서는 운동신경 전달속도, 신경전도차단율, 복합운동활동전위의 진폭의 순위로 통계학적 의미를 찾을 수 있었다. 그러나 여기에서 복합운동활동전위 진폭의 통계학적 의미는 전위가 검출되지 않더라도 의미가 0이라는 값으로 처리되기 때문에 과대평가되었을 가능성이 높으며, 또한 신경전도차단율은 이의는 반대로 과소평가될 수 있다는 문제가 있다.

각 환자에서 탈수초성 말초신경병증을 가장 잘 나타낼 수 있는 대표값을 구하기 위하여 각 기능별 표준화값을 여러가지 방법으로 다시 종합하였는데 본 연구에서는 운동신

경 전달속도와 말단감각기, 신경전도차단율의 세가지 표준화값의 평균값이 감수성과 특이성에서 가장 좋은 것으로 나타났다. 이렇게 계산된 대표값은 정상인 대표값의 3표준편차를 기준으로 할 경우 감수성이 93.2%였는데 여기에 포함되지 않은 위음성 10예에는 추적검사상 거의 정상으로 회복한 5명이 포함되어 있었고 나머지 5예는 구체적인 이상만 보인 경우였다. 상기 3가지 이외에 다른 여러가지 기능별 표준화값의 삽입은 오히려 대표값으로서의 가치를 감소시켰는데 이 이유는 신경전도검사에서의 이상소견이 환자군에서 일정하지 않으며 활동전위가 검출되지 않는 경우가 많기 때문일 것으로 추정된다. 또한 이렇게 유용한 대표값은 신경전도검사를 수차례 시행하면서 추적관찰한 일부의 환자에서 임상적인 변화와 연관성이 높은 것으로 보여서 이 대표값이 진단뿐 아니라 탈수초성 말초신경병증의 추적관찰에 있어서도 유용하다는 사실도 확인할 수 있었다. 한 가지 이번연구에서 해결되지 않은 점으로는 복합운동활동전위의 진폭의 감소에 관한 문제이다. 복합운동활동전위의 진폭의 감소는 축삭성 말초신경병증의 특징이라고 알려져 있지만 탈수초성 말초신경병증의 예후와 관련이 없고 생각되고 있으므로 개개인의 추적관찰을 위한 대표값에는 포함하는 것이 더 바람직할 것으로 추정되는데 그 당위성에 대하여는 축삭성 말초신경병증에 대한 추가 연구에서 밝혀질 수 있을 것으로 생각된다.

이 연구결과와 해석에 있어서 밝혀두고 싶은 점은 신경전도검사를 판정하는데 있어서 대표값을 포함하는 것이 진단이나 추적관찰에 있어서 도움이 된다는 것은 어디까지나 임상적 판단의 보조적인 자료로서 의미가 있다는 것이지 이를 대체할 수 있다는 것은 아니라는 점이다. 그리고 연구에 있어서 대두된 문제점은 환자군을 후향적으로 선택하였기 때문에 대표값의 임상적 가치가 실제보다 높게 평가되었을 가능성이 있다는 점과 축삭성 말초신경병증을 포함하지 않아서 이에 대한 감별진단력을 검증하지 못하였다는 것이다. 그러나 대표값을 계산하는데 있어서 신경전도검사상 탈수초성 말초신경병증의 특징이라고 할 수 있는^{17,21,22)} 말단감각기의 지연, 신경전달속도의 지연 및 신경전도차단율도 포함된다는 사실은 축삭성 말초신경병증의 경우 다른 조합에 의한 대표값이 계산될 가능성을 나타내고 있다. 또한 병리학적으로는 탈수초성 말초신경병증에 포함되지 않은 임상 특징에 따라서 탈수초성 말초신경병증은 여러가지 종류의 질병으로 나누어지는데 신경전도검사에서의 각각의 질병이 어떤 특징을 보이는지 또한 어떻게 감별할 수 있는지에 대하여도 추가 연구가 필요할 것이다.

또한 추적관찰에서의 대표값의 임상적 유용성에 관한 점에 있어서 이번 연구에서는 추적관찰한 환자의 수가 적고 일부의 환자에서 국한되었다는 문제점이 있다. 따라서 이 점은 앞으로 전향적인 연구로서 좀 더 명확하게 밝혀질 수 있을 것으로 생각된다.

마지막으로 자료의 분석 방법도 본 연구에서는 단순한 산술적인 처리에 그쳤지만 여러가지 이론적인 통계학적 기법이나 신경망(neural network)등을 이용한다면 진단

및 추적적사에 있어서 더욱 유용한 대표값을 구할 수 있을 것으로 기대된다.

결 론

탈수초성 말초신경병증 환자군 71명과 정상군 242명을 대상으로 정상군과 환자군을 구분할 수 있는 신경전도검사의 표준화된 대표값을 설정하고 그 대표값의 임상적인 유용성을 평가하였다.

탈수초성 말초신경병증을 진단하는데 있어서는 운동신경의 기능별 변수인 말단점폭기, 신경전달속도, 신경전도차단율을 조합한 수치가 가장 적합한 대표값인 것으로 판단되었다.

또한 이 대표값은 임상추적관찰시에 임상경과와도 잘 합쳐져 앞으로 탈수초성 말초신경병증의 진단 및 경과 추적 관찰에 있어서 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Lambert EH. Diagnostic value of electrical stimulation of motor nerves. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1972;22 (Suppl):9-16.
2. Gilliatt RW. Electrophysiology of peripheral neuropathies : an overview. *Muscle Nerve* 1982;5:S108-116.
3. Albers JW, Donofrio PD, Mcgonagle TK. Sequential electrodiagnostic abnormalities in acute inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy. *Muscle Nerve* 1985;8: 528-539.
4. Albers JW, Kelly JJ. Acquired inflammatory demyelinating polyneuropathies : clinical and electrodiagnostic features. *Muscle Nerve* 1989;12:435-451.
5. Pierre RE, Ludwig G, Riggs JE. Longitudinal conduction studies in hereditary motor and sensory neuropathy type 1. *Muscle Nerve* 1989;12:52-55.
6. Cornblath DR. Electrophysiology in GB syndrome. *Ann Neurol* 1990;27 (Suppl):517-520.
7. Ropper AH, Wijdicks EFM, Shahabi BT. Electrodiagnostic abnormalities in 113 consecutive patients with Guillain-Barre syndrome. *Arch Neurol* 1990;47:881-887.
8. Bromberg MB. Comparison of electrodiagnostic criteria for primary demyelination in chronic polyneuropathy. *Muscle Nerve* 1991;14:968-976.
9. Uncini A, Di Muzio A, Sabatelli A, Magi S, Tonali P, Gambi D. Sensitivity and specificity of diagnostic criteria for conduction block in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1993;89:161-169.

10. Meulstee J, van der Meche FG. Electrodiagnostic criteria for polyneuropathy and demyelination : application in 135 patients with Guillain-Barre syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995;59:482-486.
11. Kimura J. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle : principles and practice. 2nd ed. Philadelphia: F.A. Davis, 1989:55-77.
12. Raynor EM, Ross MH, Shefner JM, Preston DC. Differentiation between axonal and demyelinating neuropathies : identical segments recorded from proximal and distal muscles. *Muscle Nerve* 1995;18:402-408.
13. Sunwoo IN. Effects of age, sex and height on nerve conduction studies. *J Kor Neurol Ass* 1992;10:173-187.
14. Anthony AA, Gary SG, Kevin JC, Kathleen SK, Wilson WB, Richard JB. Tomaculous neuropathy : A clinical and electrophysiological study in patients with and without 1.5-Mb deletions in chromosome 17p11.2. *Muscle Nerve* 1996;19:16-22.
15. Raman PT, Taori GM. Prognostic significance of electrodiagnostic studies in the Guillain-Barre syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1976;39:163-170.
16. Clouston PD, Kiers L, Zuniga G, Cross D. Quantitative analysis of the compound muscle action potential in early acute inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994;93:245-254.
17. Kiers L, Clouston P, Zuniga G, Cross D. Quantitative studies of F responses in Guillain-Barre syndrome and chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994;93:255-264.
18. Oh SJ, Kim DE, Kuruoglu HR. What is the best diagnostic index of conduction block and temporal dispersion? *Muscle Nerve* 1994;17:489-493.
19. Das KB, Taly AB, Gupta SK, Suresh TG, Rao S, Nagaraja D. Acute inflammatory demyelinating neuropathy : a critical evaluation of diagnostic criteria for demyelination. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995;35:451-455.
20. Kim SH, Hong SB, Lee KW. Sequential changes and prognostic values of electrophysiological parameters in Guillain-Barre Syndrome. *J Kor Neurol Ass* 1991;9:49-56.
21. Kimura J. Principles and pitfalls of nerve conduction studies. *Ann Neurol* 1984;16:415-429.
22. Oh SJ. *Clinical Electromyography* : nerve conduction studies. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993; 618-626.