

건강한 성인을 대상으로 시행한 신경전도검사의 검사자 내 변이

연세대학교 의과대학 신경과학교실, 예방의학교실*, 분당제생병원 신경과[†], 국립의료원 신경과[‡],
연세대학교 원주의과대학 신경과학교실[§], 한림대학교 의과대학 신경과학교실^{||}

김서현 김승민 정연경 강사운 권순희[†] 노숙영[‡] 정근호[‡] 문준식[§] 권기한^{||} 남정모* 선우일남

Intraexaminer Variability of Nerve Conduction Study in Healthy Person

Seo-Hyun Kim, M.D., Seung-Min Kim, M.D., Yeon-Kyung Jung, M.D., Sa-Yoon Kang, M.D.,
Soon-Hee Kwon, M.D.[†], Sook-Young Roh, M.D.[‡], Keun-Ho Cheong, M.D.[‡], Joon-Shik Moon, M.D.[§],
Ki-Han Kwon, M.D.^{||}, Jeong-Mo Nam, Ph.D.*, Il-Nam Sunwoo, M.D.

Departments of Neurology and Preventive Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul;*

Department of Neurology, Bundang Jasaeng Hospital[†], Seongnam;

Department of Neurology, National Medical Center[‡], Seoul;

Department of Neurology, Yonsei University Wonju College of Medicine[§], Wonju;

Department of Neurology, Hallym University College of Medicine^{||}, ChunCheon, Korea

Background: Nerve conduction study (NCS) is an objective and quantitative test in evaluating peripheral nerve disorders. Several physiological and technical factors are well known to influence the results of NCS, which can be controlled and regulated by standardization of environment and through the process to make range of normality. However, most electromyographers do not pay much attentions about inter- and intra-examiner variabilities, and there are only a few and incomplete reports on these topics. We examined the intra-examiner variability of NCS on the basis of periods of practice. **Methods:** Twenty-eight electromyographers were divided into two groups: residents and neurologist-technicians. All, having variable NCS training periods, have performed NCS on one of other 27 electromyographers ten times within two weeks where each study was made once a day. **Results:** Coefficient of variation and external quotient increased according to the following order – nerve conduction velocities (NCV), terminal latencies (TL), and amplitudes of compound action potentials (AMP). There were significant differences between the two groups in NCV and TL, but no statistical difference in AMP. **Conclusions:** Our results suggest that errors from intra-examiner variability should be considered when interpreting NCS and that those electromyographers who have enough training should perform NCS.

J Korean Neurol Assoc 22(3):235-239, 2004

Key Words: Nerve conduction, Variation, Training

서 론

Received July 11, 2003

Accepted December 10, 2003

* Address for correspondence

Il-Nam Sunwoo, M.D.

Department of Neurology, Yonsei University College of Medicine

134 Sinchon-dong, Seodaemoon-gu, C.P.O. Box 8044,

Seoul, Korea

Tel : +82-2-361-6099 Fax : +82-2-393-0705

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

신경전도검사는 말초신경의 기능장애를 객관화하고 정량화할 수 있어서 말초신경병의 진단 및 추적 관찰에 필수적인 검사이다.¹⁻⁶ 검사 방법은 경피 전기자극으로 말초신경을 자극한 후 일정 거리 떨어진 말초신경이나 근육에서 복합활동전위를 피부 전극으로 검출한 다음 잠복기와 진위폭을 측정하고 전도 속도를 계산한다.

신경전도검사는 비록 객관적이기는 하지만 검사 결과가 검사 구획에 따라서 다를 뿐 아니라 환경이나 기계적 요인 등에 의하여 영향을 받기 때문에 검사실 환경을 일

정하게 유지하여야 하고 검사 결과의 판정은 정상인에서의 구획별 정상 범위의 한계를 미리 설정한 다음 비교하여야 한다.^{3,7,8} 그러나 검사자간 혹은 검사자내 변이는 불가피한데 일반적으로 검사자내 변이가 검사자간 변이보다 적다고 알려져 있지만 이 방면에 대한 연구는 매우 드물다.^{4,9-12}

따라서 이 연구에서는 신경전도검사에서 검사자내 변이의 정도를 관찰하여 추적 검사의 신뢰도를 파악하고 수련 기간이 이에 영향을 주는지 알아보고자 하였다.

대상과 방법

1. 대상

피검자 및 검사자는 동일인이며 28명이었고 전공의, 근전도실에서 근무하는 검사 기사 및 신경과 전문의로 구성되었다. 이들은 모두 내과적 질환 및 신경학적 질환이 없는 건강한 성인이었다. 전공의는 근전도검사실에서 6개월 미만의 수련을 받았다. 전문의는 정규 과정을 거치고 3년 이상 근전도검사실에 근무하였으며, 기사는 근전도검사실에서 3년 이상 신경전도검사를 수행하였다. 검사자들을 전공의 집단과 신경과 전문의 및 검사 기사 집단의 두 군으로 나누어서 검사 결과의 검사자내 변이를 비교하였다.

2. 방법

신경전도검사는 감각신경으로는 척골신경(ulnar nerve)과 비복신경(sural nerve)을, 운동신경으로는 척골신경과 비골신경(peroneal nerve)을 구획별로 검사하였다. 검사 방법은 Oh의 검사 방법을 사용하였다.¹³

운동신경에서는 말단잠복기 및 복합근활동전위의 진폭과 구획별 신경전도속도를, 감각신경은 신경전도속도

와 복합신경활동전위의 진폭을 측정하였다. 신경전도속도는 m/sec 단위로, 전위폭은 음첨단(negative peak)부터 양첨단(positive peak)까지를 감각신경에서는 micro-volt 단위, 운동신경에서는 millivolt 단위로 표시하였다. 말단잠복기는 운동신경 자극 후 복합근활동전위의 기시부까지를 msec 단위로 측정하였다.

검사자내 변이를 관찰하기 위해서 한 명의 검사자가 피검자 1명을 선택하여 2주 이내에 하루에 한번을 원칙으로 10회의 검사를 독립적으로 시행하였고 같은 검사 기계를 사용하였다. 전극 부착 부위와 거리는 고정하지 않았다.

자료 분석은 각 검사자에서 10회 측정된 값들의 변동계수(coefficient of variation; CV)와 극단값 비(extremal quotient; EQ)를 구하여 전공의 집단과 신경과 전문의 및 검사 기사 집단의 차이를 검정하였다. 통계학적 방법은 Mann-Whitney U test를 시행하였으며 모든 자료분석은 SPSS 통계 프로그램을 이용하였다.

결 과

1. 검사자내 변이

검사자내 변이의 척도로는 CV와 EQ를 이용하였다. 척골감각신경과 비복신경 전도 속도의 CV는 각각 1.60~9.20%, 1.09~17.26%, EQ는 1.05~1.31, 1.04~1.73이었고, 전위폭의 CV는 각각 9.64~51.79%, 12.25~51.81%, EQ는 1.41~3.89, 1.47~4.65였다(Table 1). 척골운동신경과 비골운동신경 말단 잠복기에서의 CV는 각각 3.09~26.74%, 4.11~25.12%, EQ는 1.09~1.85, 1.15~1.97이었으며, 전도 속도는 CV가 1.15~10.21%, 1.94~11.64%, EQ는 1.04~1.47, 1.08~1.44로서 말단 잠복기가 전도 속도보다 변이가 컸다(Table 1). 척골운동신경과 비골운동신경 전위폭의 CV는 3.56~17.42%, 8.37~37.27%

Table 1. Intraexaminer variability

Parameter	Coefficient of Variation (%)			Extremal Quotient		
	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	Median
US NCV	1.60	9.20	4.36	1.05	1.31	1.14
US AMP	9.64	51.79	19.26	1.41	3.89	1.98
S NCV	1.09	17.26	6.10	1.04	1.73	1.22
S AMP	12.25	52.81	24.29	1.47	4.65	2.23
UM TL	3.09	26.74	7.27	1.09	1.85	1.26
UM NCV	1.15	10.21	5.51	1.04	1.47	1.18
UM AMP	3.56	17.42	9.00	1.13	1.57	1.31
PM TL	4.11	25.12	10.39	1.15	1.97	1.37
PM NCV	1.94	11.64	5.27	1.08	1.44	1.18
PM AMP	8.37	37.27	19.38	1.31	3.17	1.72

US; ulnar sensory nerve, NCV; nerve conduction velocity, AMP; amplitude of compound action potential, S; sural nerve, UM; ulnar motor nerve, TL; terminal latency, PM; peroneal motor nerve

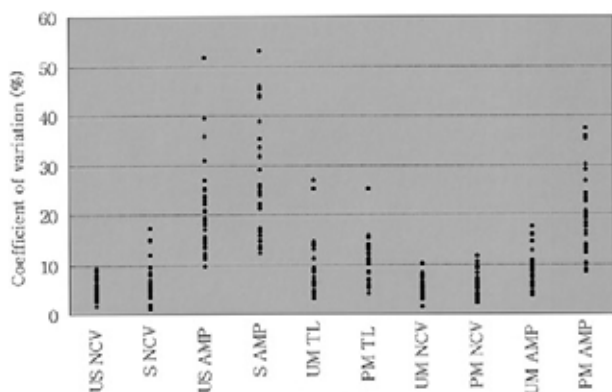


Figure 1. Coefficient of variation (CV) of each parameter. This figure shows that CV increased according to the following order NCV, TL, AMP. US; ulnar sensory nerve, NCV; nerve conduction velocity, S; sural nerve, AMP; amplitude of compound action potential, UM; ulnar motor nerve, TL; terminal latency, PM; peroneal motor nerve

이었고 EQ는 1.13~1.57, 1.31~3.17이었다(Table 1). 따라서 검사자내 변이가 검사 항목에 따라서 차이가 있다는 것을 알 수 있었다(Fig. 1, 2).

2. 전공의 집단과 신경과 전문의 및 검사 기사 집단의 검사자내 변이

두 군에서 각각의 검사 항목의 변이가 유의하게 차이가 있는지를 Mann-Whitney U test로 검정하였다. CV의 경우 척골감각신경과 비복신경의 전도속도, 척골운동신경 말단잠복기, 전도 속도, 전위폭이 유의 수준 0.05를 기준으로 두 군간에 유의하게 차이를 보였다(Table 2). 또한 EQ는 척골감각신경과 비복신경의 전도 속도, 척골운동신경과 비복운동신경의 말단잠복기가 두 군간에 유의하게 차이가 있었다(Table 3). 따라서 전위폭을 제외

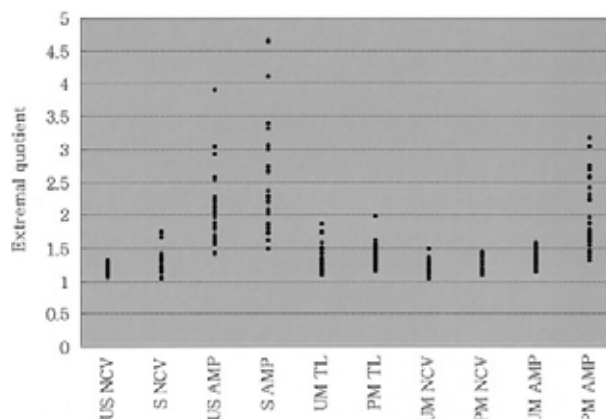


Figure 2. Extremal quotient (EQ) of each parameter. This figure shows that EQ increased according to the following order NCV, TL, AMP. US; ulnar sensory nerve, NCV; nerve conduction velocity, S; sural nerve, AMP; amplitude of compound action potential, UM; ulnar motor nerve, TL; terminal latency, PM; peroneal motor nerve.

한 대부분의 항목에서 검사자내 변이는 수련과 밀접한 관련이 있었다.

고 찰

본 연구의 목적은 신경전도검사의 검사자내 변이를 조사하여 이 검사의 신뢰성을 검토하고, 또한 검사자내 변이가 수련의 정도와 관계 있는지 규명하기 위함이다.

신경전도검사의 검사자간 및 검사자내 변이에 대한 연구는 비교적 드물다. Chaudhry 등^{9,10}은 검사자간의 신뢰도가 비교적 높지만 말단잠복기와 전위폭에서 변이가 크고 검사자간 신뢰도보다 검사자내 신뢰도가 높기 때문에 신경전도검사의 추적은 같은 검사자에 의해 수행되어야 한다고 주장하였다. 그러나 이 연구는 근본 목적

Table 2. Coefficient of variation of resident group and neurologist-technician group

Parameter	Resident group (N=13) Coefficient of Variation (%)			Neurologist-Technician group (N=15) Coefficient of Variation (%)			p-value
	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	Median	
US NCV	2.84	8.59	6.89	1.60	9.20	3.55	0.002
US AMP	11.65	51.76	20.55	9.64	35.75	17.96	0.160
S NCV	5.01	17.26	7.79	1.09	9.39	4.78	0.009
S AMP	13.70	52.81	28.79	12.25	45.26	23.70	0.160
UM TL	5.44	26.74	8.51	3.09	13.96	6.21	0.023
UM NCV	4.24	10.21	6.36	1.15	9.77	3.99	0.012
UM AMP	3.56	17.42	9.92	3.96	15.73	7.61	0.032
PM TL	6.61	25.12	10.83	4.11	15.64	6.96	0.069
PM NCV	1.94	9.52	5.67	2.64	11.64	5.01	0.369
PM AMP	8.74	35.20	19.61	8.37	37.27	19.14	0.629

N; number, US; ulnar sensory nerve, NCV; nerve conduction velocity, AMP; amplitude of compound action potential, S; sural nerve, UM; ulnar motor nerve, TL; terminal latency, PM; peroneal motor nerve

Table 3. Extremal quotient of resident group and neurologist-technician group

Parameter	Resident group (N=13)			Neurologist-Technician groupv (N=15)			p-value
	Extremal Quotinet			Extremal Quotinet			
	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	Median	
US NCV	1.10	1.31	1.23	1.05	1.30	1.11	0.001
US AMP	1.41	3.89	2.04	1.42	3.03	1.80	0.311
S NCV	1.19	1.73	1.28	1.04	1.40	1.16	0.025
S AMP	1.47	4.65	2.65	1.48	3.38	2.06	0.123
UM TL	1.15	1.85	1.31	1.09	1.50	1.19	0.020
UM NCV	1.14	1.47	1.19	1.04	1.35	1.12	0.080
UM AMP	1.14	1.55	1.34	1.13	1.57	1.27	0.122
PM TL	1.26	1.97	1.44	1.15	1.62	1.23	0.019
PM NCV	1.08	1.40	1.19	1.09	1.44	1.15	0.298
PM AMP	1.31	3.17	1.69	1.36	3.04	1.74	0.662

N; number, US; ulnar sensory nerve, NCV; nerve conduction velocity, AMP; amplitude of compound action potential, S; sural nerve, UM; ulnar motor nerve, TL; terminal latency, PM; peroneal motor nerve

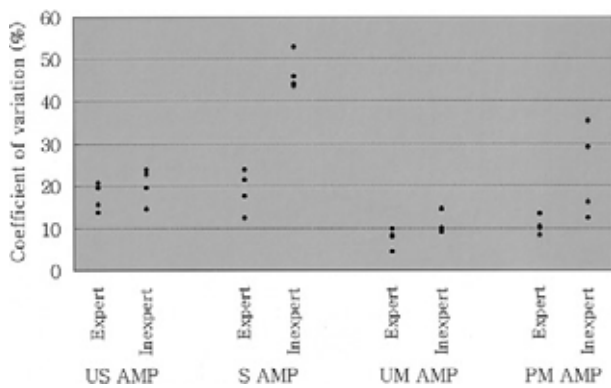


Figure 3. Coefficient of variation of compound nerve action potential amplitude between experts and in-experts. There are significant differences between these two groups. US; ulnar sensory nerve, AMP; amplitude of compound action potential, S; sural nerve, UM; ulnar motor nerve, PM; peroneal motor nerve.

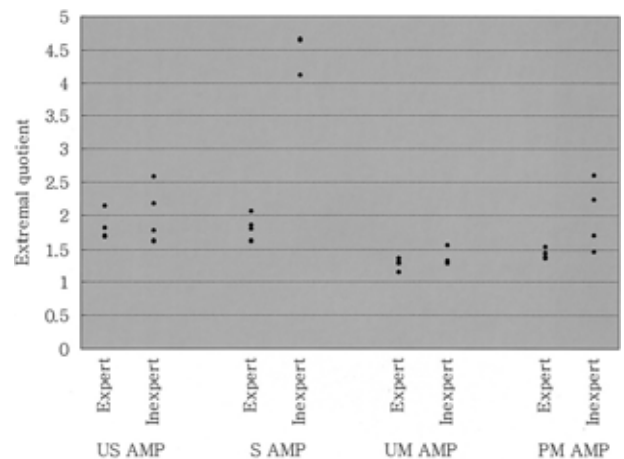


Figure 4. Extremal quotient of compound nerve action potential amplitude between experts and in-experts. There are significant differences between these two groups. US; ulnar sensory nerve, AMP; amplitude of compound action potential, S; sural nerve, UM; ulnar motor nerve, PM; peroneal motor nerve.

이 검사자간 검사 결과의 신뢰도에 있었기 때문에, 자극 전극과 검출 전극 사이의 거리를 일정하게 하고 반복 횟수가 2회밖에 되지 않아 검사자내 신뢰도를 평가하는 데 한계가 있다. 그 밖의 보고들도 신경전도검사에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 기술적 또는 생리학적 요인을 강조하면서 부가적으로 검사자내 변이에 대하여 검토하였지만 자극 전극과 검출 전극 사이의 거리를 일정하게 하거나 반복 횟수가 2회밖에 되지 않는 등 검사자내 변이를 산출하는 방법에 문제점을 가지고 있어서 제한적이다.^{4,11,14}

본 연구에서는 검사자내 변이의 척도로서 CV와 EQ를 이용하였다. CV는 평균을 중심으로 관찰값들의 변동을 보는 것이고 EQ는 최대값과 최소값의 비를 의미하므로 변이를 관찰하는 데 있어서는 서로 보완적이다. 본 연

구 결과 검사자내 변이는 검사 구획 및 관찰 내용에 따라 차이가 있었는데 신경전도속도는 EQ와 CV가 각각 1.2, 5.00% 내외였고, 말단잡복기는 1.30, 10.00% 내외, 전위폭은 2.00, 20.00% 내외 순으로 변이가 심하였다. 특히 전위폭은 척골운동신경을 제외하면 대부분 EQ와 CV가 2.00, 20.00% 내외로 검사자내 변이가 매우 커서 동일한 검사자가 추적 검사를 하더라도 신뢰도에는 한계가 있다는 사실을 보여주었다. 전위폭의 검사자내 변이가 큰 이유는 전위폭이 전위 발생 부위와 검출 전극 간의 거리의 제곱에 반비례하므로 전극의 부착 부위에 의하여 크게 영향을 받기 때문이라고 생각된다. 척골운동신경 전위폭의 EQ와 CV가 1.3, 10% 내외로 낮은 것은 소지의전극의 경계 표시가 명확해서 전극 부착 부위가 비

교적 일정하기 때문일 것이다.

검사자내 변이는 검사 기술의 숙련도와 관계가 있을 가능성이 매우 높지만 이 가설을 증명하기 위한 연구 보고는 거의 없다. 더욱이 외국과는 달리 우리나라에서는 전기진단검사에 대한 수련 기준이 없기 때문에 여기에 대한 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 신경전도검사의 숙련도를 전공의와 신경과 전문의 및 검사 기사의 양 군으로 나누어서 비교하였는데 대부분의 항목에서 검사자내 변이는 양 군간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 그러나 전위폭은 차이가 없었는데 그 원인은 양 군에서 모두 전위폭 자체의 검사자내 변이가 크기 때문이기도 하지만 두 군으로 구분하는 데 있어서의 기술적인 한계 때문인 것으로도 추측할 수 있다. 즉, 신경과 전문의 및 검사 기사 집단에 속한 검사자가 대부분 비교적 숙련도가 높기는 하지만 일부 검사자는 전공의 기간 중 충분히 수련을 받지 않았을 가능성도 있고 또한 일부는 장기간 신경전도검사를 직접 하지 않았을 경우도 있다. 반대로 전공의라고 하더라도 충분히 숙련된 경우가 있다. 따라서 양 군 구분에 있어서의 문제점에 대한 가능성을 검토하기 위해서 신경과 전문의 및 검사 기사의 집단에서 3년 이상 신경전도검사를 하며 장기간의 공백이 없는 4명을 선택하여 expert라고 하고 전공의 집단에서 신경전도검사 수련 기간이 2개월 미만인 4명을 선택하여 inexpert라고 하여, expert와 inexpert의 전위폭의 CV 및 EQ를 도식화한 결과 양 군간에 차이가 있을 가능성이 높다는 사실을 확인할 수 있었다(Fig. 3, 4).

이상의 결과로 볼 때 신뢰할 수 있는 신경전도검사를 위해서는 일정 기간 이상의 수련이 필요하다고 생각한다.

REFERENCES

- Gilliat RW. Electrophysiology of peripheral neuropathies: an overview. *Muscle Nerve* 1982;5:108-116.
- Lee KY, Kim WK, Kwon SH, Cho TY, Lee SH, Cheong KH, et al. The usefulness of standardization of the nerve conduction study in the diagnosis and follow up of the demyelinating polyneuropathy. *J Korean Neurol Assoc* 1998; 16:510-518.
- Sunwoo IN. Effects of age, sex, and height on nerve conduction studies. *J Korean Neurol Assoc* 1992;10:173-187.
- Kimura J. Facts, fallacies, and fancies of nerve conduction studies. *Muscle Nerve* 1997;20:777-787.
- Kimura J. Principles and pitfalls of nerve conduction studies. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998;106:470-476.
- Simpson JA. Fact and fallacy in measurement of conduction velocity in motor nerves. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1964;27:381-385.
- Maynard FM, Stolve WC. Experimental error in determination of nerve conduction velocity. *Arch Phys Med Rehabil* 1972;53:362-372.
- Gassel MM. Sources of error in motor nerve conduction studies. *Neurology* 1964;14:825-835.
- Chaudhry V, Cornblath DR, Mellits ED, Avila O, Freimer ML, Glass JD, et al. Inter- and intra-examiner reliability of nerve conduction measurements in normal subjects. *Ann Neurol* 1991;30:841-843.
- Chaudhry V, Corse AM, Freimer ML, Glass JD, Mellitis ED, Kuncel RW, et al. Inter- and intra-examiner reliability of nerve conduction measurements in patients with diabetic neuropathy. *Neurology* 1994;44:1459-1462.
- McQuillen MP, Gorin FJ. Serial ulnar nerve conduction velocity measurements in normal subjects. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1969;32:144-148.
- Honet JC, Jepsen RH, Perrin EB. Variability of nerve conduction velocity determinants in normal persons. *Arch Phys Med Rehabil* 1968;49:650-654.
- Oh SJ. Anatomical guide for common nerve conduction studies. In: Retford DC, Mullen ML, Minkove JL. *Clinical Electromyography*. 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins. 1993;56-77.
- Salerno DF, Werner RA, Albers JW, Becker MP, Armstrong TJ, Franzblau A. Reliability of nerve conduction studies among active workers. *Muscle Nerve* 1999;22:1372-1379.