대한 근전도 · 전기진단의학회지 2(2):120~126, 2000.

표면전극의 종류가 신경전도 검사에 미치는 영향

충남대학교 의과대학 재활의학교실

송정영 · 윤용순 · 김봉옥 · 손민균

– Abstract –

The Influence of Different Types of Surface Electrodes on the Nerve Conduction Study

Jung Young Song, M.D., Yong Soon Yoon, M.D., Bong-Ok Kim, M.D., and Min Kyun Sohn, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Chungnam National University Medical School, Taejon, Korea

Objective : To investigate the influence of different types of recording surface electrodes on the various parameters of compound muscle action potentials (CMAPs), and compound nerve action potentials (CNAPs).

Methods : Median and tibial motor and median and sural sensory nerve conduction studies were performed in 20 normal subjects using 5 different types of surface recording electrodes i.e. metal disc electrode, metal ring electrode and three kinds of disposable electrodes. The site of recording and stimulating electrodes were fixed in same position. Base-to-peak amplitude, peak-to-peak amplitude, area and duration of CMAP and onset latency, peak latency, base-to-peak amplitude, peak-to-peak amplitude, negative spike duration of SNAP were measured.

Results : The parameters of CMAP and CNAP did not influenced by the recording electrode types.

Conclusion : Previous normative values of nerve conduction parameters mostly recorded with metal electrodes could be used as a reference values if the method were strictly controlled. This result makes it easier to use reference values in different laboratories and to start a multi-centered reference value study.

Key Words : Surface electrode, Nerve conduction study, Compound muscle action potential, Compound nerve action potential

서 론

전기진단 검사는 임상에서 말초 신경계 및 중추 신경계를 포함한 신경병증과 근육질환에서 병변을 진단하고 병변의 위치와 정도를 결정하며 병변의 진행과정을 평가하는 데에 널리 사용되고 있는 중요한 진단 방법이다. 특히 신경전도검사는 전반적인 다발성 신경병증을 진단하고 국소 병변을 찾아내며 신경손상의 정도를 평가하는데 유용한 방법이다. 다발성 신경병증은 여러 개의 신경 이상을 확인함으로써 진단할 수 있고 신경전도속도 및 진폭의 변화 정도에 따라 축삭손상과 수초병변을 구별할 수도 있다.

충남대학교 의과대학 재활의학교실
Address reprint requests to **Min Kyun Sohn, M.D.**
Department of Rehabilitation Medicine, Chungnam National University Medical School
#640 Daesa-dong, Jung-gu, Taejon 301-721, Korea
Tel : 82-42-220-7817, Fax : 82-42-256-6056, e-mail : mksohn@cnu.ac.kr

전기진단검사, 특히 신경전도검사는 정상 참고치를 기준으로 결과를 해석하게 된다. 신경생리 검사를 정확하고 세심하게 잘 시행하였다 하더라도 각 환자의 결과를 비교할 정상 기준치가 없다면 결과를 해석하고 정확한 진단을 내리는데 많은 문제가 있게 된다.

그러나 같은 신경에 대해 동일한 방법으로 검사를 시행하더라도 검사 대상자의 연령이나 성별, 신장, 인종 등과 같은 신체적 조건이나 검사당시 피부온도, 사용되는 전극의 종류, 검사실 환경, 기계적 세팅 등에 영향을 받게 된다.[1] 따라서 정확하고 믿을 만한 검사 결과를 얻기 위해서는 각 검사마다 표준화된 검사 방법의 사용과 기기 및 검사실의 환경을 적절하게 유지하는 것은 필수적이다. 이러한 오차를 줄이고 각 검사실마다 결과를 서로 비교하기 위해서 임상에서 흔히 사용되고 있는 대부분의 신경전도 검사 방법은 현재 그 방법이 전 세계적으로 통일되고 표준화되어 가고 있는 추세이다. 따라서 각 실험실마다 표준화된 검사 방법에 의한 정상 참고치에 대한 자료를 구축하여야 하나 대부분은 그렇지 못한 실정이다.

최근 재사용 금속 전극 대신에 사용이 간편한 일회용 표면전극의 사용이 점차 증가하고 있으나 일회용 표면전극은 그 모양이나 크기가 표준화되지 않아 제조회사들마다 다양하게 만들어지고 있다. 또한 이러한 전극을 사용한 정상 참고치에 대한 연구는 찾아보기 힘들다. 지금까지 운동 및 감각 신경전도검사의 정상 참고치에 대한 대부분의 연구는 재사용 금속 전극을 사용하여 측정되었다.[2-4] 따라서 일회용 표면전극으로 측정된 결과를 기존의 금속전극을 사용하여 측정한 정상 참고치와 비교할 수 있는지에 대한 연구는 꼭 필요하며 아울러 서로 다른 제조 회사에서 생산된 일회용 표면전극의 결과를 비교하는 일도 중요하나 이에 대한 연구 또한 드문 실정이다.

이에 본 연구에서는 같은 방법과 같은 위치에서 여러 표면전극을 사용하여 측정한 복합신경 활동전위 및 복합근 활동전위의 각 변수를 비교하여 표면전극의 종류가 복합신경 활동전위 및 복합근 활동전위에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

연구대상은 검사에 대하여 충분히 고지하고 검사에 동의한 신경병증 병력이 없는 건강한 성인 20명을 대상으로 하였다. 검사에 참여한 사람들의 평균 연령은 29.7세이었으며, 남자는 17명이고 여자는 3명이었다.

2. 연구방법

1) 검사 프로토콜 및 전극

신경전도검사는 Viking IV(Nicolet Biomedical Inc., USA)를 사용하여 운동신경 전도검사와 감각신경 전도검사를 시행하였다. 신경전도검사는 같은 대상자에서 서로 다른 표면전극을 사용하여 동일한 방법으로 검사를 시행하였으며 특히 피검자의 기록부위에 표시를 해두어 같은 부위에 기록전극이 위치하도록 하였다. 검사실 조건은 모든 환자에서 같았다.

검사에 사용한 전극은 일회용 자착형 전극(disposable self-adhesive electrode)과 재사용 전극(reusable electrode)이었다. 일회용 자착형 전극은 1. model 019-400400, silver/silver chloride, contact area 20 mm in diameter(Nicolet Biomedical Inc., USA), 2. model Neuroline™ 700 10-K, silver/silver chloride, 20 mm×15 mm recording area(Medicotest, Denmark), 3. model Medtronic™ 9012L0452, 28 mm × 20 mm recording area(Dantec Medical, Denmark)을 사용하였다. 재사용 전극으로는 4. model 130485(TECA, USA) 금속 원판형 전극, tin-plated, 10 mm in diameter with 2 mm hole, 5. model 6032(TECA, USA) 금속 고리형 전극을 사용하였으며(이하 전극을 1, 2, 3, 4, 5로 표기함) 검사 순서는 무작위로 하였다. 금속 고리형 전극은 정중감각신경의 측정에만 사용하였다(Fig. 1, Table 1).

2) 신경전도검사 방법

운동신경 전도검사는 정중 및 경골 신경을 검사하였고 정중신경은 단무지외전근에서, 경골신경은 무지외전근에서 복합근활동전위를 기록하였다. 자극은 활성기록 전극으로부터 10 cm 근위부를 0.1 ms의 지속시간의 constant voltage 전기로, 초최대 자극하였다. 운동신경 전도검사에서 소인속도에서 2 ms/division, 민감도는 5 mV/division으로 하였고 주파수 여과범위는 20~2,000 Hz로 하였다. 복합근 활동전위의 측정변수는 기저선에서 음성정점까지의 진폭(base-to-peak amplitude), 음성정점에서 양성정점까지의 진폭(peak-to-peak amplitude), 총면적(total area), 총지속시간(total duration), 원위잠시(distal latency), 음성전위 면적(negative spike area), 음성전위 지속시간(negative spike duration)으로 하였다(Fig. 2).

감각신경 전도검사는 정중 및 비복 신경에서 검사를 하였고 정중신경은 제 2 수지에서, 비복신경은 외측복사 주위에 기록전극을 두었고 활성전극과 참고전극간 거리는 4 cm로 하였다. 활성기록 전극으로부터 14 cm 근위부를 역행성, 최대하 자극방법, 0.1 ms의 지속시간의 constant voltage 전기로 자극하고 기록하였다. 감각신경 전도검사에서 소인속도는 1 ms/division, 민감도는 20 μV/division으로 하였고 주파수 여과범위는 20~2,000 Hz로

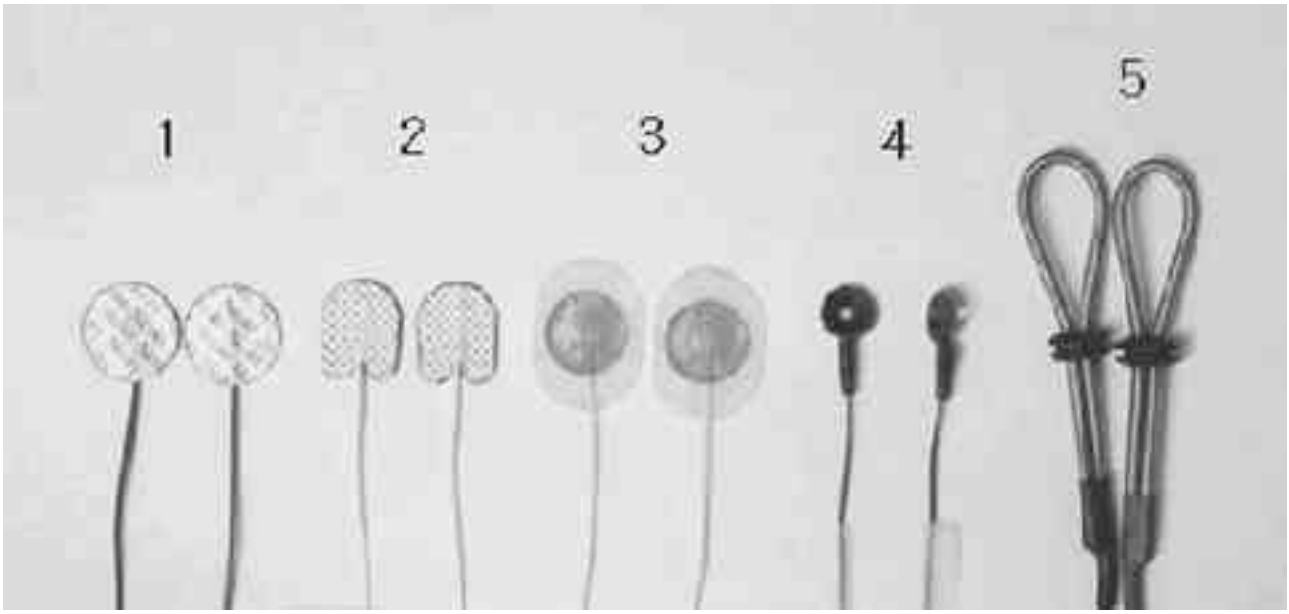

Fig. 1. Five different types of surface electrodes, 1. Model 019-400400(Nicolet Biomedical Inc., USA), 2. Model Neuroline™ 700 10-K(Medicotest, Denmark), 3. Model Medtronic™ 9012L0452(Dantec Medical, Denmark), 4. Model 130485(TECA, USA), 5. Model 6032(TECA, USA)

Table 1. Five Different Types of Electrodes

Electrode	Model	Characteristics	Manufacture
1	019-400400	silver/silver chloride, contact area 20 mm in diameter	Nicolet Biomedical Inc., USA
2	Neuroline™ 700 10-K	silver/silver chloride, 20 mm×15 mm recording area	Medicotest, Denmark
3	Medtronic™ 9012L0452	28 mm×20 mm recording area	Dantec Medical, Denmark
4	130485	tin-plated, 10 mm in diameter with 2 mm hole	TECA, USA
5	6032	stainless steel	TECA, USA

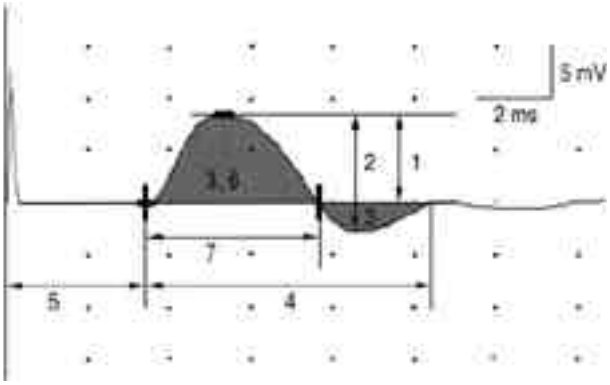

Fig. 2. Parameters of compound muscle action potential. 1: Base-to-peak amplitude, 2: Peak-to-peak amplitude, 3: Total area, 4: Total duration, 5: Distal latency, 6: Negative spike area, 7: Negative spike duration

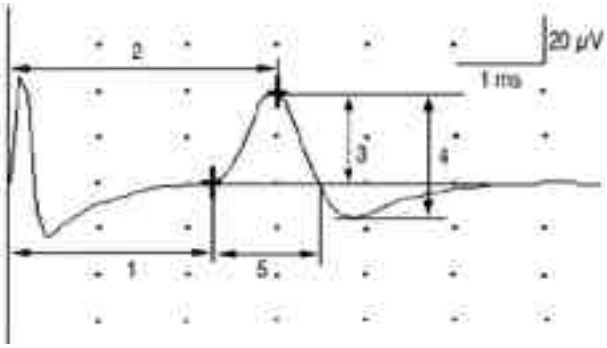

Fig. 3. Parameters of compound nerve action potential. 1: Onset latency, 2: Peak latency, 3: Base-to-peak amplitude, 4: Peak-to-peak amplitude, 5: Negative spike duration

하였다. 복합신경활동전위의 기시 잠시(onset latency), 정점 잠시(peak latency), 기저선에서 음성정점까지의 진폭(base-to-peak amplitude), 음성정점에서 양성정점까지의 진폭(peak-to-peak amplitude), 전위의 기시점에서 음성극파가 기준선으로 돌아올 때까지의 기간인 음성극파 지속시간(negative spike duration)을 측정하였다(Fig. 3).

3) 통계

통계는 각 표면기록전극에 따라 복합근활동전위와 복합신경활동전위의 모든 변수에 대하여 one-way ANOVA 검정을 시행하였고 유의수준은 0.05 이하로 설정하였다. 제시된 각 수치는 평균±표준편차로 표시하였다.

결 과

1. 복합근활동전위

정중신경을 자극하고 단무지외전근에서 기록한 복합근활동전위의 원위잠시, 기저선에서 음성정점까지의 진폭, 음성정점에서 양성정점까지의 진폭, 총지속시간, 음성전위 지속시간, 총면적, 음성전위 면적은 모두 기록전극의 종류에따라통계적으로유의한차이는없었다 (Table 2).

경골신경을 자극하고 무지외전근에서 기록한 복합근활동전위의 측정한 모든 변수는 기록전극의 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 3).

2. 감각신경활동전위

기록전극에 따른 정중 감각신경에 대한 복합신경활동전위의 기시 잠시, 정점 잠시, 기저선에서 음성정점까지의 진폭, 음성정점에서 양성 정점까지의 진폭, 전위의 기시점에서 음성극파가 기준선으로 돌아올 때까지의 기간을 측정한 음성극파 지속시간 모두에서 기록전극의 종류에 따른 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 4).

기록전극에 따른 비복 감각신경 복합신경활동전위의 측정 변수 모두는 기록전극의 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 5).

고 찰

전기진단 검사에 사용되는 표면전극은 모양에 따라 원판형(disc type), 직사각형(rectangular), 끈형(strip form), 고리형(noose-shaped) 등이 있고 재사용 여부에 따라 일회용과 재사용형이 있다. 크기가 다소 큰 원판형 전극은 주로 접지전극으로 사용되고 있으며 고리형은 감각신경전도검사에 사용되는 반면, 크기가 작은 원판형 표면전극은 운동신경전도검사에 주로 사용되고 있다. Downey 등[5]은 근전도 검사에서의 이상적인 전극이 갖추어야 할 조건으로 전기적으로 안전해야 하고, 활동전위의 여러 측정치들의 변형이 없어야 하며, 환자에게 고통이 없이 쉽고 신속하게 부착되고 제거될 수 있어야 하며, 비용이 저렴하고 재사용 가능한 것이어야 한다고 하였다.

현재까지 임상에서 많이 사용되고 있는 금속 원판형 표면전극은 검사자의 피부에 전극을 부착하는 과정이 때로는 시간이 소모되고 부착된 뒤에도 접촉이 불완전한 경우가 많아 검사할 때 movement artifact가 잘 발생하며, 재접착시 마다 매번 접착성 테이프를 다시 붙여야 하므로 불편하고 검사시간이 지연되기도 한다. 특히, 피

Table 2. Compound Muscle Action Potential Values of the Abductor Pollicis Brevis Muscle

Electrode	Distal latency(ms)	Amplitude(mV)		Total duration(ms)	Negative spike duration(ms)	Total area(mVs)	Negative spike area(mVs)
		Base-to-peak	Peak-to-peak				
1	3.56±0.31	10.98±2.28	15.84±2.51	8.84±1.42	4.32±0.99	43.42±12.97	26.08±10.51
2	3.59±0.34	11.16±2.34	15.80±3.16	8.95±1.33	4.47±0.91	44.27±13.51	26.61±9.90
3	3.51±0.30	10.77±2.18	15.19±3.17	8.94±1.34	4.49±0.92	42.63±13.42	25.12±9.85
4	3.56±0.31	10.91±2.41	15.88±2.84	8.87±1.53	4.34±1.13	43.60±13.25	29.96±11.19

Values are given as mean and standard deviation.

Table 3. Compound Muscle Action Potential Values of the Abductor Hallucis Muscle

Electrode	Distal latency(ms)	Amplitude(mV)		Total duration(ms)	Negative spike duration(ms)	Total area(mVs)	Negative spike area(mVs)
		Base-to-peak	Peak-to-peak				
1	3.50±0.61	17.07±3.83	25.81±6.26	8.64±0.86	4.88±0.80	58.02±15.47	36.18±11.92
2	3.51±0.68	16.96±3.89	25.53±6.37	8.69±0.82	4.91±0.84	57.53±15.81	36.01±12.00
3	3.48±0.65	16.75±3.92	25.38±6.45	8.66±0.74	4.92±0.77	57.25±16.00	34.97±11.86
4	3.55±0.62	16.99±4.04	25.57±6.69	8.72±0.70	4.86±0.76	56.96±16.00	34.49±12.03

Values are given as mean and standard deviation.

Table 4. Compound Nerve Action Potential Values of the Median Nerve

Electrode	Latency(ms)		Amplitude(μV)		Negative spike
	Onset	Peak	Base-to-peak	Peak-to-peak	duration(ms)
1	2.31±0.16	2.94±0.12	39.76±7.97	56.53±15.23	1.56±0.33
2	2.31±0.14	2.95±0.12	39.57±8.33	54.54±12.52	1.52±0.22
3	2.31±0.16	2.96±0.14	39.88±9.04	55.24±12.27	1.58±0.27
4	2.33±0.14	2.96±0.12	39.31±6.72	54.51±14.69	1.52±0.26
5	2.36±0.15	2.94±0.17	39.23±4.42	52.20±9.14	1.42±0.21

Values are given as mean and standard deviation.

Table 5. Compound Nerve Action Potential Values of the Sural Nerve

Electrode	Latency(ms)		Amplitude(μV)		Negative spike
	Onset	Peak	Base-to-peak	Peak-to-peak	duration(ms)
1	1.95±0.23	2.54±0.25	24.78±8.43	28.48±10.86	1.32±0.12
2	1.95±0.22	2.53±0.24	24.79±7.46	26.94±9.03	1.33±0.13
3	1.93±0.20	2.53±0.21	24.01±7.16	25.11±7.79	1.35±0.12
4	1.94±0.21	2.56±0.19	24.62±8.67	28.15±11.59	1.31±0.08

Values are given as mean and standard deviation.

부가 건조하거나 미끄럽고, 신경질환에서 잘 동반되는 다한증이 있을 경우에는 잘 부착되지 않으며 체모가 많을 경우에는 이러한 문제가 더욱 심각해지고 떼어낼 때에도 환자에게 고통을 줄 수 있다. 반면에 최근에 많이 사용되고 있는 자착형 일회용 전극은 겔에 의한 흡착력으로 피부에 부착되므로 부착하는 과정이 간단하고 깨끗하며 소모되는 시간이 적고 접촉이 안정적이어서 movement artifact의 발생이 적다. 하지만 피부상태가 미끄럽거나 땀이 많은 경우 처치를 해야하고 일회용이어서 비용이 증가할 수 있다. 또한 각 제조회사마다 일정한 기록면적의 표준화가 없어 보다 정확하게 결과를 해석하고 각 검사실과의 비교가 어려운 실정이다.

이미 신경전도검사에 영향을 미칠 수 있는 여러 요소에 대한 연구와, 표준화된 검사방법과 조건하에서 신경전도 검사의 여러 변수에 대한 정상 참고치가 발표되었다.[6-12] 정확한 결과의 해석을 위해서는 각 실험실마다 정상 참고치의 구축이 필요하지만 수많은 정상 대조군을 검사하는 작업은 질환이 있는 환자를 검사하는 것보다 흥미로운 일이 아니며 전기진단 검사처럼 시간이 오래 걸리고 편안하지 않는 경우에는 정상 대조군을 동원하는 데에 많은 어려움이 있다. 우리나라에서도 상당수의 검사실이 외국의 참고치를 이용하고 있으며 사용전극 및 측정 방법, 검사실 환경 등이 검사실 마다 차이가 많아 병원간 소견 교환시 어려움의 소지가 있다고 하였다.[13]

현재 많은 검사실에서 사용되고 있는 정상 참고치는 금속 원판형 전극과 금속 고리형 전극을 이용하여 측정된 자료이다.[3,4,14-16] 사용전극이 신경전도 검사에 미치는 영향에 대한 연구로 Jonas 등[2]은 복합근활동전위의 여러 변수는 전극간 거리를 일정하게 하고 아주 엄격하게 표준화된 기록 전극과 참고 전극의 위치 선정이 이루어진다면 표면전극의 종류에 영향을 받지 않는다고 하였다. 본 연구에서도 이들의 결과와 일치하여 복합근활동전위를 측정하기 위해 표준화된 전극의 위치와 동일한 검사장비를 이용하여 서로 다른 전극을 통해 얻은 활동전위의 기저선에서 음성정점까지의 진폭, 음성정점에서 양성정점까지의 진폭, 면적, 지속시간은 의미있는 차이를 보이지 않았다. Felsenthal[17]은 감각신경 활동전위의 진폭에 영향을 미칠 수 있는 요소로 전극과 관련하여 전극표면의 임피던스, 자극부위와 활동 표면전극사이의 거리 차이, 전극과 피부사이에 사용된 전해질 겔의 양, 피부와 접한 전극의 넓이와 활동전극과 참고전극 사이의 거리를 들 수 있다고 하였다. 본 실험에서 사용한 자착형 일회용 전극은 검사자 임의로 조절할 수 있는 겔의 양을 동일시 할 수 있는 장점이 있다.

편 등[18]은 기록전극의 종류가 감각신경 전도검사에서 잠시에는 의미있는 영향을 미치지 않았고 원형 고리전극의 전극간 거리가 4 cm로 유지되었지만 원판전극(silver chloride disc electrode, diameter 1 cm, TECA), 펠트전극, 막대전극에 비해 진폭이 감소되었다고 하였다. 이것은 진폭이 전극간 거리 외에도 전극이 피부와 접촉하는

면적과 피부와 전극사이의 임피던스 등의 다른 요인이 관여한 것이라고 하였다. 그러나, 본 연구에서는 감각신경 전도검사의 기시 잠시, 정점 잠시, 기시부에서 음성정점까지의 진폭, 음성정점에서 양성 정점까지의 진폭, 음성극파 지속시간 모두 사용한 전극의 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

따라서 표준화된 검사방법으로 검사를 시행한다면 현재 시중에서 판매중인 일회용 표면전극을 사용하더라도 과거의 일반적인 참고치를 사용하여 결과를 해석할 수 있을 것이며, 한 환자에서 검사의 비교가 가능하며 서로 다른 실험실 간에 다중 검사실간 참고치 연구가 가능하리라 생각한다.

결 론

신경병증의 병력이 없는 건강한 성인 20명을 대상으로 서로 다른 표면전극을 사용하여 동일한 방법으로 신경전도검사를 시행하여 표면전극의 종류가 운동 및 감각 신경전도 검사에 미치는 영향을 조사하였다. 특히 피검자의 피부에 표시를 해두어 기록전극이 항상 같은 위치에 있도록 하였다. 정중 및 경골 운동신경에 대한 복합근활동전위의 원위잠시, 기저선에서 음성정점까지의 진폭, 음성정점에서 양성정점까지의 진폭, 총지속시간, 음성전위 지속시간, 총면적, 음성전위 면적을 측정하였다. 감각신경 전도검사는 정중 및 비복 복합신경 활동전위의의 기시 잠시, 정점 잠시, 기저선에서 음성정점까지의 진폭, 음성정점에서 양성정점까지의 진폭, 음성극파 지속시간을 측정하였다.

복합근활동전위 및 복합신경 활동전위의 모든 변수들은 기록전극의 종류에 따른 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 따라서 기록전극의 위치와 거리 및 자극방법 등의 요소를 표준화하여 검사한다면 사용한 전극의 종류가 다르더라도 일반적으로 사용되고 있는 일회용이나 재사용 전극의 종류에 관계없이 그 결과를 신뢰할 수 있으며 서로 다른 검사실에서 얻어진 결과들을 참고치와 비교할 수 있고 다중 검사실간 참고치 연구를 진행할 수도 있을 것이다. 또한 최근에 개발되어지고 검증된 여러 가지 자착형 일회용 전극을 이용해 얻은 결과치를 통해 신경병변을 진단하고 판단함에 있어서 금속 원판형 전극이나 금속 고리형 전극을 이용해 조사되어진 참고치를 사용하여도 신뢰할 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Barkhaus PE, Nandedkar SD: Recording characteristics of the surface EMG electrodes. Muscle Nerve 1994: 17: 1317-1323
2. Jonas D, Bischoff C, Conrad B: Influence of different types of surface electrodes on amplitude, area and duration of the compound muscle action potential. Clin Neurophysiol 1999: 110: 2171-2175
3. Delisa JA, Lee HJ, Baran EM, Lai KS, Spielholz N: Manual of nerve conduction velocity and clinical neurophysiology, 3rd ed, NewYork: Raven press, 1994, pp1-159
4. Liveson JA, Ma DM: Laboratory reference for clinical neurophysiology, Philadelphia: FA Davis, 1992, pp1-272
5. Downey JM, Belandres PV, Benedetto MD: Suction cup ground and reference electrodes in electrodiagnosis. Arch Phys Med Rehabil 1989: 70: 64-66
6. Dumitru D: Nerve conduction studies. In: Dumitru D, editor, Electrodiagnostic Medicine, Philadelphia: Hanley and Belfus, 1995, pp111-176
7. Oh SJ: Nerve conduction techniques. In: Oh SJ, editor, Clinical electromyography, Baltimore: University Park Press, 1984, pp47-113
8. Robinson LR, Rubner DE: Statistical considerations for the development and use of reference values as applied to nerve conduction studies. Phys Med Rehabil Clin North Am 1994: 5: 531-540
9. Halar EM, Delisa JA, Brozovich FV: Nerve conduction velocity: relationship of skin, subcutaneous, and intramuscular temperature. Arch Phys Med Rehabil 1980: 61: 199-203
10. Robinson LR, Rubner DE, Wahl PW, Fujimoto WY, Stolov WC: Influence of height and gender on normal nerve conduction studies. Arch Phys Med Rehabil 1993: 74: 1134-1138
11. Hennessey WJ, Falco FJE, Goldberg G, Braddom RL: Gender and arm length: influence on nerve conduction parameters in the upper limb. Arch Phys Med Rehabil 1994: 75: 265-269
12. Hennessey WJ, Falco FJE, Braddom RL: Median and ulnar nerve conduction studies: normative data for young adults. Arch Phys Med Rehabil 1994: 75: 259-264
13. 문혜원, 나은우, 이일영, 오형석: 우리 나라의 전기 진단 검사 정상치에 관한 실태 조사. 대한재활의학회지 1997: 21(2): 323-329
14. Buschbacher RM: Median nerve motor conduction to the abductor pollicis brevis. Am J Phys Med Rehabil 78: 1999, S1-S8
15. Buschbacher RM: Tibial nerve motor conduction to the abductor hallucis. Am J Phys Med Rehabil 1999: 78: S15-S20
16. Buschbacher RM: Mixed nerve conduction studies of the

median and ulnar nerves. Am J Phys Med Rehabil 1999: 78: S69-S74
17. Felsenthal G: Median and ulnar muscle and sensory evoked potentials. Am J Phys Med 1978: 57: 167-182
18. 편성범, 안미경, 이항재: 기록전극에 따른 감각신경 활동전위 변수의 변화. 대한재활의학회지 2000: 24: 691-695