

## 일회용 표면 전극 재활용이 복합근활동전위의 지표에 미치는 영향

서울대학교 의과대학 재활의학교실, 분당 서울대학교병원 재활의학과\*,  
서울대학교 보라매병원 재활의학과\*\*, 강원대학교 의과대학 재활의학교실\*\*\*, 클리닉 메디미 의원\*\*\*\*

최덕형·한태륜·백남종\*·이시욱\*\*·이건재\*\*\*·박일찬\*\*\*\*

– Abstract –

### Effect of Disposable Surface Electrode Reuse on Parameters of Compound Muscle Action Potential

Deok Hyung Choi, M.D., Tai Ryoan Han, M.D., Nam Jong Paik, M.D.\*,  
Shi-Uk Lee, M.D.\*\* , Kun Jai Lee, M.D.\*\*\*, Il Chan Park, M.D.\*\*\*\*

*Department of Rehabilitation Medicine, Seoul National University College of Medicine, \*Department of Rehabilitation Medicine, Bundang Seoul National University Hospital, \*\*Department of Rehabilitation Medicine, Seoul National University Boramae Hospital, \*\*\*Department of Rehabilitation Medicine, Gangwon National University College of Medicine, \*\*\*\*Clinic Medimi.*

**Objectives:** To observe the change of parameters of compound muscle action potential (CMAP) according to repeated reuse of disposable surface electrodes.

**Methods:** Disposable surface electrodes were used to obtain CMAP from the abductor pollicis brevis (APB). The active and reference electrodes were attached and detached 100 times. CMAPs were obtained initially and after attachment and detachment of disposable surface electrodes, which were repeated 5, 10, 20, 25, 30, 40, 45, 50, 60, 65, 70, 80, 85, 90 and 100 times. Each latency, amplitude, duration and area of CMAPs were compared.

**Results:** Onset latency shortened significantly at 40 times ( $P < 0.05$ ). Maximum shortening value of latency is 0.03 msec at 85 times. Amplitude, duration and area decreased at 50 times, 20 times, and 45 times respectively. The maximum decline values were 0.34 mV (2.8%) at 85 times, 0.28 msec (5.1%) at 90 times, 1.87 mVsec (4.6%) at 80 times.

**Conclusions:** The differences between CMAP parameters at baseline and those after several use of electrodes were very small, although statistically significant declines were observed. These small differences will not confuse electrodiagnostic decision. So disposable surface electrodes can be repetitively used at least 100 times. But if borderline values are observed, we recommend to change the electrodes to new ones.

**Key Words:** Compound Muscle Action Potential, Disposable, Surface Electrodes, Electrodiagnosis

## 서 론

신경전도검사는 최근 들어 여러 가지 질병의 진단을

위해 각광을 받는 검사이며, 대부분의 검사실에서 매우 숙련된 인력에 의하여 시행되고 있다. 근전도 분야의 발전은 비침습적인 검사를 추구하여 왔고<sup>1</sup> 이의 반영으

Address reprint requests to **Tai Ryoan Han, M.D.**

Department of Rehabilitation Medicine, Seoul National University College of Medicine, 28, Yongon-dong, Chongno-gu, Seoul, 110-744, Korea

TEL : 82-2-2072-2619, FAX : 82-2-743-7473, E-mail : tairyoon@snu.ac.kr

로 신경전도검사에도 기록 전극으로는 주로 일회용 표면 전극이 많은 수의 검사실에서 사용되고 있다. 그런데, 대다수의 검사실에서는 이들 일회용 전극들을 경제적이나 관행적 이유로 부착력이 떨어질 때까지 사용하다가 새것으로 바꾸어 사용하고 있다.

근전도학 관련 서적들을 보면 신경전도검사의 오류를 일으킬 만한 요소들 중에 표면 전극과 관련되어서, 환자의 피부표면과 전극과의 접촉상태, 전극의 크기, 전극 사이의 거리 등이 언급되고 있다. 또한 Ven 등<sup>2)</sup>의 연구에서는 전극의 크기가 작고 부착압력이 클수록 복합근활동전위의 진폭이 커진다는 보고를 하였으며, Ferdjallah 등<sup>3)</sup>과 Tjon-A-Tsien 등<sup>4)</sup>도 전극의 크기가 신경전도검사 결과에 영향을 줄 수 있는 중요한 인자임을 지적한 바 있다. Triolo 등<sup>5)</sup>은 흡입전극을 이용한 연구에서 전극의 부착성이 좋다면, 즉, 전기 자극에 의해 유발되는 근육의 수축에도 전극의 위치가 제 위치를 유지할 수만 있다면, 수술 중 자극검사의 전극으로 충분함을 증명한 바 있다. Phongsamart 등<sup>6)</sup>은 참고 전극의 위치에 따라 복합근활동전위의 기시 잠시(onset latency)가 달라질 수 있다는 것을 제시한 바 있으며, Wee<sup>7)</sup>는 각각의 근육마다 종판의 위치가 다르고 여러 군데의 종판을 가진 근육도 있을 수 있는데 이들중 어디에 활성 전극을 붙이는가도 복합근활동전위의 변수들에 영향을 줄 수 있음을 제시한 바 있다.

하지만 여타 문헌들의 검색을 통해서도 일회용 표면 기록 전극의 여러 번에 걸친 반복 사용으로 인해 복합근활동전위의 여러 변수들이 어떤 영향을 받는 지에 대해서는 확인할 수 없어 본 연구를 시행하게 되었다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

연구는 20명의 정상 성인 남녀 각각 10명씩을 대상으로 시행하였다. 평균나이는  $29 \pm 5$ 세이었고, 신경학적 이상을 동반한 질환자나 근 골격계통의 질환, 내외과적 질환으로 약물을 복용하고 있는 자 및 전완, 수부 및 손목관절 수술력이 있거나 골절 등의 과거력이 있는 자들은 연구대상에서 배제되었다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 장비

신경전도검사 기계는 Premiere (Oxford Medelec Inc., UK)를 이용하였고, 기기 조절은 다음과 같다. 율티는 3~10 KHz, gain은 5 mV/div이었으며, sweep speed는 2 msec/div으로 하였다.

#### 2) 전극

일회용 원판 표면전극 (Nicolet Biomedical Inc., USA, Lot number=394832A2)을 기록 전극으로 사용하였다(Fig. 1).

#### 3) 기록

정중신경의 복합근활동전위를 기록하였다. 참고 전극은 단무지외전근의 닿는 곳인 첫 번째 중수지절 관절에 붙이고, 활성 전극은 단무지 외전근에 붙이고 이로부터 근위부 8 cm상방 지점을 초 최대 자극의 강도로 자극하였다.<sup>8)</sup> 자극기는 위치변동을 막기 위해 외과용 반창고로 고정을 하였다. 측정 변수로는 기시 잠시, 기저선에서 음성 정점까지의 진폭(baseline to peak amplitude), 음성과 면적(area), 음성과 지속 시간(duration)을 선택하였다.

#### 4) 전극의 반복사용 방법

각각의 대상자들의 우성수(dominant hand)의 정중신경자극을 통한 복합근활동전위를 기록하였다. 일회용 표면 기록 전극의 반복사용의 효과를 보기 위해 각각의 대상자들에게 각각 1개씩의 활성 전극과 참고 전극을 사용하였다.

첫째날에는 새 기록 전극을 최초로 사용하여 복합근활동전위를 얻고, 이후 각각의 기록전극을 대상에게 붙였던 장소에 5회씩 착탈을 반복한 뒤 다시 복합근활동전위를 얻었다. 이후 같은 방법으로 5회씩 착탈을 반복한 뒤 복합근활동전위를 얻었다. 이때는 결국 10회씩 착탈 반복 후의 기록이 되는 것이다. 이후 같은 방법으로 10회씩 착탈을 반복한 뒤 복합근활동전위를 얻었다. 이때는 20회 착탈 반복 후의 기록이 되는 것이다. 첫째

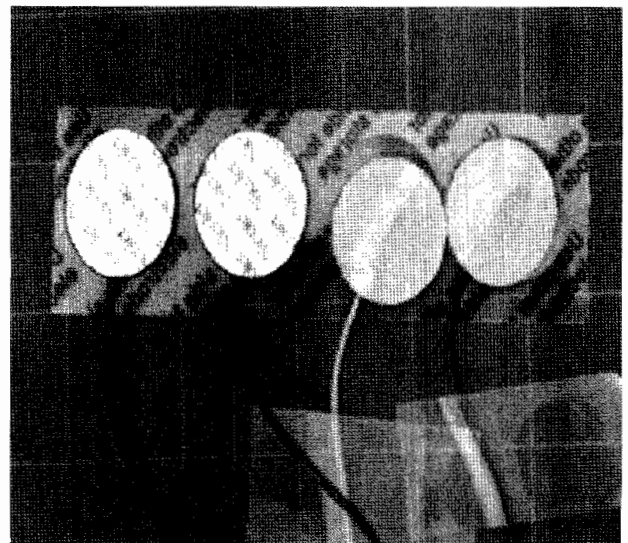


Fig. 1. The disposable electrodes (Nicolet Biomedical Inc., USA, Lot No.=394832 A2)

날의 기록후 각각의 일회용 기록 전극은 신경전도검사 기계의 마우스패드에 붙여놓고 방치하였다.

둘째날에도 역시 전날 사용한 기록 전극을 이용하였다. 전날 총 20회 착탈 반복한 상태의 기록전극을 각각 5회씩 착탈 반복 후 총 25회의 착탈 반복된 상태에서 복합근활동전위를 얻었고, 다시 5회씩 착탈 반복하여 총 30회의 착탈 반복된 상태에서 복합근활동전위를 얻었고, 또 10회씩 착탈 반복하여 총 40회의 착탈 반복된 상태에서 복합근활동전위를 얻었다. 모든 기록 후 역시 각각의 일회용 기록 전극은 신경전도검사 기계의 마우스패드에 붙여놓고 방치하였다.

위와 같은 방법으로 셋째 날에도 반복하여 총 45회, 50회, 60회 착탈 반복된 상태에서의 복합근활동전위를 얻었고, 넷째 날에는 총 65회, 70회, 80회, 다섯째 날에는 총 85회, 90회, 100회 착탈 반복된 상태에서의 복합근활동전위를 얻었다.

이같이 하면 각각의 대상자에게 총 16회씩의 검사를 수행하게 되는 것이었다. 이를 통하여 얻어진 각각의 대상자들의 각각의 측정 변수들이 착탈의 회차가 증가함에 따라 어떠한 변화를 보이며, 그런 변화들이 어떤

의미가 있는지 통계적으로 분석하였다. 통계는 SPSS 10.0 version을 이용하였고, p값이 0.05 이하이면 유의한 관련성이 있는 것으로 판단하였다.

## 결 과

### 1. 기시 잠시

기시 잠시는 새 기록 전극으로 측정 시  $3.35 \pm 0.27$  msec이며 변동계수 (C.V.:Coefficient of Variation)는 0.49%로 평균치를 기준으로 비교적 넓지 않게 퍼져 있음을 알 수 있었고, 전극의 착탈을 반복할수록 점차로 기시 잠시가 감소되는 경향을 보였는데, 그 범위는 0~0.034 msec로 1% 이내였다. 하지만, 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 1, Fig. 2).

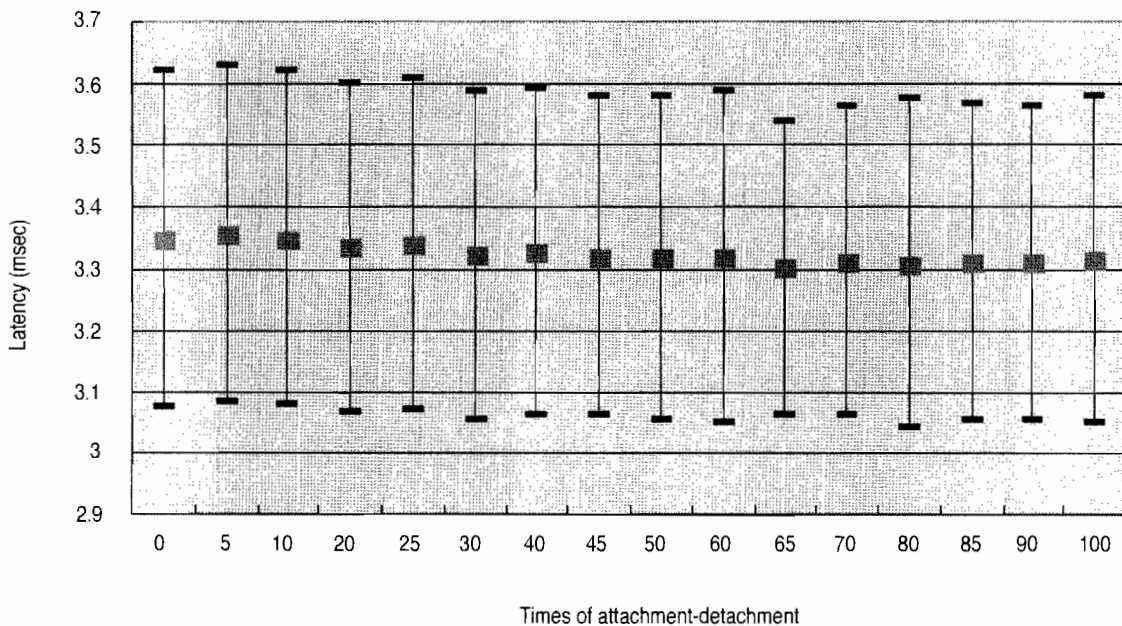
### 2. 기저선에서 음성 정점까지의 진폭

진폭은 새 기록 전극으로 측정 시  $12.19 \pm 2.82$  mV

**Table 1.** Variation of CMAP Parameters according to Reuse of Electrode

|           | C.V.(%) | Range         | Percent (%) |
|-----------|---------|---------------|-------------|
| Latency   | 0.49    | -0.034 msec~0 | -1.0        |
| Amplitude | 0.85    | -0.34 mV~0    | -2.8        |
| Area      | 1.48    | -1.73 mVsec~0 | -4.5        |
| Duration  | 1.41    | -0.28 msec~0  | -5.1        |

C.V.: Coefficient of Variation



**Fig. 2.** The change of latency caused by repetitive use of disposable electrode.

이며 변동계수는 0.85%로 평균치를 기준으로 넓지 않게 퍼져 있으나 기시 잠시보다는 다소 넓게 퍼져 있는 것을 알 수 있었다. 전극의 착탈을 반복할수록 점차로 진폭이 감소되는 경향을 보였는데, 그 범위는 0~0.34 mV로 2.8% 이내였고, 통계적으로 유의한 차이는 50회 이상 착탈을 반복한 기록 전극으로 측정 시 관찰할 수 있었다( $p < 0.05$ , Table 1, Fig. 3).

### 3. 음성과 면적

면적은 새 기록 전극으로 측정 시  $38.13 \pm 9.45$

mVsec이며 변동계수는 1.48%로 평균치를 기준으로 넓지 않게 퍼져 있으나 기시 잠시와 진폭보다 다소 넓게 퍼져 있는 것을 알 수 있었다. 전극의 착탈을 반복할수록 점차로 면적이 감소되는 경향을 보였는데, 그 범위는 0~1.73 mVsec로 4.5% 이내였고, 통계적으로 유의한 차이는 45회 이상 착탈을 반복한 기록 전극으로 측정 시 관찰할 수 있었다( $p < 0.05$ , Table 1, Fig. 4).

### 4. 음성과 지속 시간

지속 시간은 새 기록 전극으로 측정 시  $5.44 \pm 0.86$

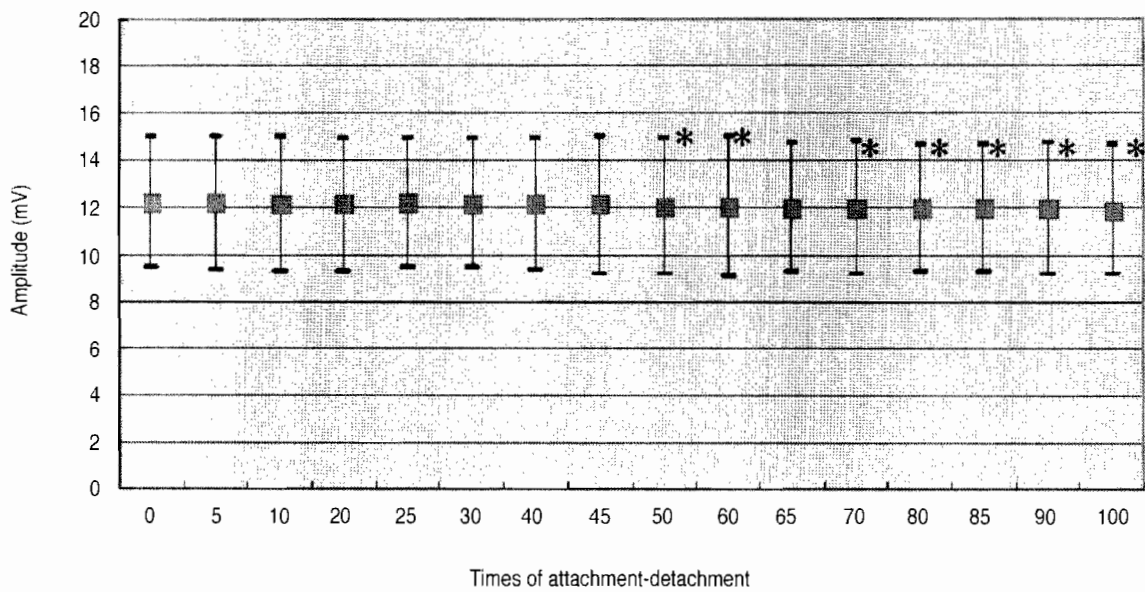


Fig. 3. The change of amplitude caused by repetitive use of disposable electrode.

\*:  $p < 0.05$

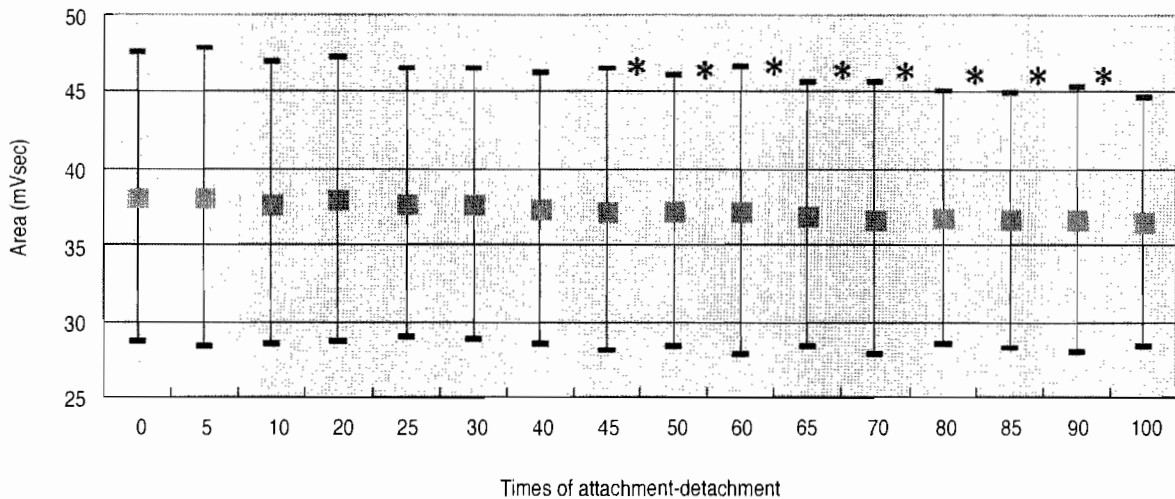


Fig. 4. The change of area caused by repetitive use of disposable electrode.

\*:  $p < 0.05$

msec이며 변동계수는 1.41%로 평균치를 기준으로 넓지 않게 퍼져 있으나 기시 잠시와 진폭보다 다소 넓게 퍼져 있는 것을 알 수 있었다. 전극의 착탈을 반복할수록 점차로 지속 시간이 감소되는 경향을 보였는데, 그 범위는 0~0.28 msec로 5.1% 이내였고, 통계적으로 유의한 차이는 20회 이상 착탈을 반복한 기록 전극으로 측정 시 관찰할 수 있었다( $p < 0.05$ , Table 1, Fig. 5).

## 고 찰

저자들은 본 연구를 통해 일회용 표면 기록 전극을 반복적으로 사용하면 기시 잠시, 기저선에서 음성 정점까지의 진폭, 음성과 면적, 음성과 지속 시간이 모두 새 표면 기록 전극을 사용할 때보다 변화하는 것을 알 수 있었다.

기시 잠시는 점차 여러 번 착탈을 반복할 때 점차 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의할 정도는 아니었다. 반면 진폭, 면적 및 지속 시간의 경우는 기시 잠시와 같이 점차 감소하였지만 이의 경우 새 표면 기록 전극을 사용할 때와는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 하지만 이 세가지 변수들 중 진폭과 면적의 경우는 착탈의 반복이 각각 50회와 45회 이상 될 경우에 새 표면 기록 전극을 이용할 때와 유의한 차이가 있는 것으로 나타났지만, 지속 시간의 경우는 착탈의 반복이 20회 이상만 되어도 유의한 차이가 보이는 것으로 나타났다. 따라서 표면 기록 전극의 반복적 착탈로 인하여 가장 민감하게 변하는 변수는 음성과 지속 시간이며, 기시 잠시는 거의 변화가 없는 변수인 것

을 알 수 있었다.

본 연구에서 살펴본 네가지 변수중, 표면 기록 전극의 반복적 착탈로 인하여 통계적으로 유의한 감소가 보이는 진폭, 면적 및 지속 시간 중 진폭의 경우는 Ven 등<sup>2</sup>의 보고와 일치하는 경향을 보여주는데, 착탈이 반복 될수록 전극의 부착성이 떨어지고<sup>5</sup> 이로 인해 부착점에 가해지는 압력이 감소하여 진폭이 감소하는 결과로 나타날 수 있었을 것이다. 하지만 그렇다 하더라도, 임상적으로는 진폭, 면적 및 지속 시간의 변화폭이 실제 검사실에서 쓰이는 정상치의 범주 안에 속하는 것을 알 수 있다. 이는 통계적인 수치상의 의미는 있지만 실제 임상적으로는 별로 의미가 없는 변화일 수 있는 것이다.

또한, 가장 예민한 변화를 보이는 음성과 지속 시간의 경우라 하더라도 착탈의 반복이 적어도 20회 이상일 경우에만 유의한 감소를 보여주고, 나머지 변수는 45회 이상의 착탈의 반복이 있어야 유의한 변화를 볼 수 있는데, 이러한 유의한 변화가 실제 검사실에서 일어날 가능성이 적을 수 있다. 왜냐하면, 실험을 진행하는 동안에도 10회 이상만 착탈을 반복하여도 표면 전극의 부착성이 현저히 떨어지는 것을 관찰할 수 있었기 때문이다. 이런 경우 검사자는 새 표면 기록 전극을 사용하게 될 것이고, 이로 인하여 문제는 해결되기 때문이다. 또한 보통의 근전도 검사실에서 복합근활동전위의 변수로서 주로 기시 잠시와 기저선에서 음성 정점까지의 진폭을 주로 선택하고 있는데, 이 두 변수 중 기시 잠시는 100회까지 착탈을 반복하여도 유의한 변화는 없는 변수이고, 진폭은 50회이상 착탈을 반복하여야만 유의한 변화가 관찰되기 때문에 이런 경우에도 역시 표면 전극의 부착성의 감소로 50회까지 착탈을 반복하기가 어렵기

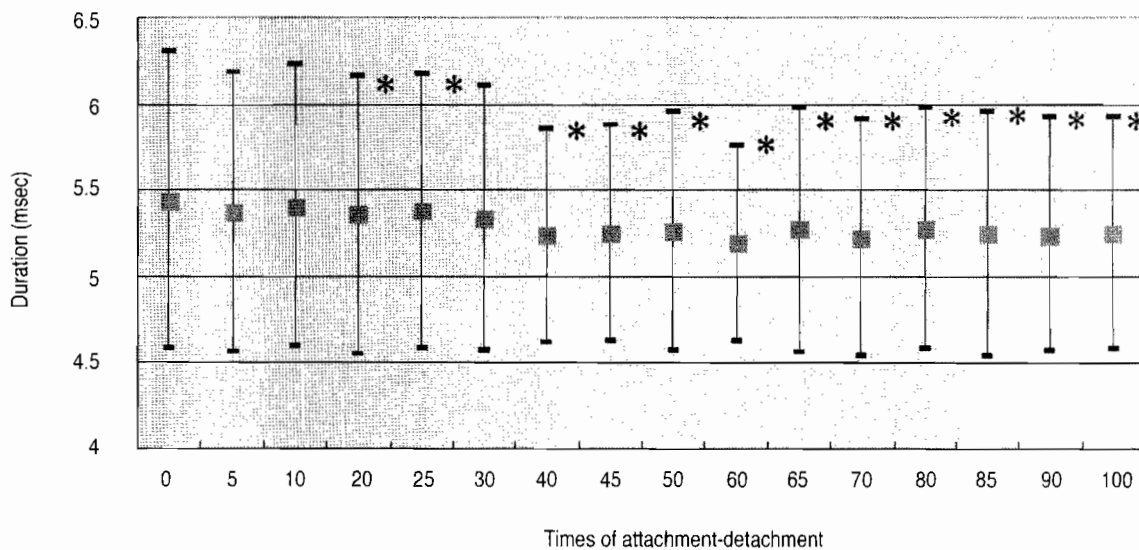


Fig. 5. The change of duration caused by repetitive use of disposable electrode.

\*:  $p < 0.05$

때문에 실제로 유의한 변화가 일어나기까지 검사가 계속되기는 어려울 것이다. 따라서 표면 기록 전극의 반복적 착탈로 인한 실질적인 임상적 의미가 있는 변수들의 변화는 거의 없다고 보면 될 것이다.

하지만, 본 연구는 특정한 일회용 원판 표면전극 (Nicolet Biomedical Inc., USA, Lot number=394832A2)을 이용하여 진행된 연구로서, 다른 제품의 일회용 원판 표면전극을 이용할 경우에도 본 연구의 결론과 같은 결론에 도달할지는 알 수 없으므로 이 연구의 결론을 모든 일회용 원판 표면전극의 경우로 확대 적용하기에는 어려움이 있을 것이다. 따라서 다른 제품들에 대한 추가적인 연구도 필요할 것이다.

## 결 론

저자들은 정상 성인 20명을 대상으로 표면 기록 전극을 새것일 때부터 100회까지 착탈을 반복시켜 복합근활동전위의 4가지 변수, 즉 기시 잠시, 기저선에서 음성 정점까지의 진폭, 음성과 면적, 음성과 지속 시간등의 변화정도를 관찰하여 비교 분석하였다. 그 결과, 기시 잠시는 통계적으로 유의한 변화가 관찰되지 않았으며, 기저선에서 음성 정점까지의 진폭, 음성과 면적, 음성과 지속 시간은, 표면 기록 전극의 착탈의 반복으로 인하여 통계적으로 유의하게 감소하는 것을 알 수 있었다. 하지만 이러한 변화가 정상범위 이내의 변화이며, 이들 변수들의 감소가 일어나는 것으로 본 연구에서 밝혀진 수십 회 이상의 착탈을 반복하기 전에 대다수의 표면 기록 전극의 부착성의 현저한 감소로 인해 대부분의 검사실에서 전극을 다시 새것으로 교체하는 것 등을 고려할 때, 이들 변수들의 변화가 통계적으로는 유의하나 임상적으로 의미 있는 변화로는 생각되지 않는다. 따라서, 근전도 검사자들은 운동신경전도검사시 사용하는 표면 기록 전극의 부착성이 어느 정도 감소될 때까지 사용하다가 이후 새 표면 전극으로 교환하여 사용해

도 임상적으로 큰 문제가 되지 않을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Hofmeyr GJ, Nikodem VC, Gulmezoglu AM, Bunn AE: A nonpenetrating fetal scalp electrode. *Br J Obstet Gynaecol* 1993; 100: 649-652.
2. Ven AA, Van Hees JG, Stappaerts KH: Effect of size and pressure of surface recording electrodes on amplitude of sensory nerve action potentials. *Muscle Nerve* 2004; 30: 234-238.
3. Ferdjallah M, Wertsch JJ, Harris GF: Effects of surface electrode size on computer simulated surface motor unit potentials. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1999; 39: 259-265.
4. Tjon-A-Tsien AM, Lemkes HH, van der Kamp-Huyts AJ, van Dijk JG: Large electrodes improve nerve conduction repeatability in controls as well as in patients with diabetic neuropathy. *Muscl Nerve* 1996; 19: 689-695.
5. Triolo RJ, Moss JD, Bhadra N: A reusable, self-adhesive electrode for intraoperative stimulation in the lower limbs. *J Rehabil Res Dev* 2001; 38: 527-532.
6. Phongsamart G, Wertsch JJ, Ferdjallah M, King JC, Foster DT: Effect of reference electrode position on the compound muscle action potential (CMAP) onset latency. *Muscle Nerve* 2002; 25: 816-821.
7. Wee AS: Surface compound action potentials recorded from different locations on the anterior tibial muscle. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2002; 42:119-123.
8. Nelson RM, Kaur H, Muniz E, Gasiewska E, Lugo J, Agro J et al: Neuronal conduction studies of the median nerve in non-impaired humans: a comparison of accepted techniques. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2004; 44: 281-287.