

정중 운동신경 복합근 전위의 기시잠시와 진폭에 대한 참고 전극의 영향

고려대학교 의과대학 재활의학교실

조호성 · 김동휘 · 강윤규 · 황미령

- Abstract -

Influence of Reference Electrode Position on the Onset Latency and Amplitude of Median Nerve Compound Muscle Action Potential

Ho Sung Jo, M.D., Dong Hwee Kim, M.D., Yoon Kyoo Kang, M.D.,
Miriam Hwang, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Korea University College of Medicine

Objective: To assess the influence of reference electrode position on the onset latency and amplitude of median compound muscle action potential (CMAP).

Method: Median motor nerve conduction study was performed in subjects consisting of 30 hands of 15 healthy individuals. With the active electrode stabilized on the thenar eminence, median motor nerve conduction study was performed with the reference electrode was placed on six different sites. Differences in onset latency and CMAP amplitude according to reference electrode placement sites were compared. A second part consisted of placing the reference electrode on the contralateral hand and the varying active electrode placement on the thenar eminence and on the six reference electrode positions previously noted. CMAP amplitude differences between the response obtained from the active electrode of the six different positions and the amplitude of the response from the thenar eminence were obtained.

Results: CMAP amplitude was significantly larger with the reference electrode placed at the lateral aspect of mid portion of the proximal phalanx of thumb.

Conclusion: This study demonstrates that the position of reference electrode can affect median CMAP amplitude.

Key Words: Median nerve, Compound muscle action potential, Reference electrode, Latency, Amplitude

서 론

복합근 활동전위는 시간적 요소(temporal factor)와 공간적 요소(spatial factors)의 상호작용에 의해 형성된다. 공간적 요소에는 검사하는 해부학적 구조, 사지의 자세, 그리고 기록전극의 위치가 있다. 이 중 기록

전극의 위치는 복합근 활동전위의 진폭과 모양에 직접적인 영향을 주는 중요한 요소이다.¹ 복합근 활동전위를 기록하기 위해 대표적으로 사용되고 있는 방법으로는 활성전극(E-1)을 근육의 운동점에, 참고전극(E-2)을 근육의 건이나 건이 뼈에 부착하는 위치에 놓는 근육-건 기록법(muscle belly-tendon method)이 있다.^{2,3} 활성기록전극이 운동점에 위치하지 않으면 복합근 활동

Address reprint requests to **Dong Hwee Kim, M.D.**

Department of Rehabilitation Medicine, Korea University, Medical Center, Ansan Hospital
#516 Kojan-dong, Ansan-si, Kyungki-do 425-708, Korea

TEL: 82-31-412-5330, FAX: 82-31-412-5344, E-mail: rmkdh@chol.com

전위의 진폭이 작아질 뿐 아니라 초기 양성반응(initial positivity)이 나타날 수 있다고 하였다.² 그러나 Wertsch 등은 심부 척골운동 전도검사에서 복합근 활동전위의 초기 양성반응이 나타나는 것이 활성 전극이 근육 운동점에 위치하지 않아서 발생하는 것이 아니라 참고전극의 위치와 관련 있음을 보고하였다.⁴ Brashear와 Kincaid는 경골과 비골의 복합근 활동전위의 진폭, 면적과 모양에 참고전극이 영향을 끼침을 밝혀내었다.⁵ Phongsamart 등은 참고전극의 위치가 정중신경, 척골신경 및 심부척골신경의 복합근 활동전위의 기시잡시에 영향을 끼친다고 하였다.⁶

참고전극의 위치는 복합근 활동전위의 모양과 진폭에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 보통 근복-전 기록법을 이용한 검사방법에 대해 문헌에 기술된 것을 보면 활동전극의 위치는 보편적으로 일치하지만 참고전극의 위치는 문헌에 따라 차이가 있거나 명확하지 않았다.^{3,7,8,9} 참고전극의 위치에 따른 복합근 활동전위의 모양, 기시잡시, 진폭에 대한 영향에 대한 연구는 있으나,^{3,4,6,10,11} 정중 복합근 활동 전위를 대상으로 전통적으로 사용하는 참고전극의 위치를 세분화하여 기시잡시, 진폭의 영향에 대한 연구는 없었다.

본 연구는 정중신경의 복합근 활동 전위를 측정할 때 전통적으로 사용되는 참고전극의 위치를 세분화하여 참고전극의 위치가 정중 복합근 활동 전위의 기시 잡시와 진폭에 미치는 영향과 기전을 알아보려고 하였다.

연구대상과 방법

1) 연구대상

내과적 질병이나 근육과 신경계 질환의 병력이 없는 15명(남자 8명, 여자 7명) 30수를 대상으로 하였으며 평균 연령은 28.9±5.3세(범위, 25~42세)이었다.

2) 연구 방법

참고전극의 위치에 따른 정중신경의 복합근 활동전위를 측정하기 위해서 활동 전극을 단무지외전근 근복의 중간부에 부착하고, 참고 전극은 서로 다른 여섯 곳: 제1수지 근위지 기저부의 외측부(R1), 제1수지 근위지 중간부의 외측부(R2), 제1수지 지간관절의 외측부(R3), 제1수지 중수지골관절의 내측부(R4), 제1수지 지간관절의 내측부(R5), 제2수지 근위지간관절의 내측부(R6)에 놓았다(Fig. 1).

참고 전극이 정중신경 복합근 활동전위의 잡시와 진폭에 미치는 영향의 기전을 알아보기 위하여 Kincaid 등의 방법⁵을 응용하여 반대측 제2수지 원위부 관절에 참고전극을 위치시키고, 활성 전극을 단무지외전근

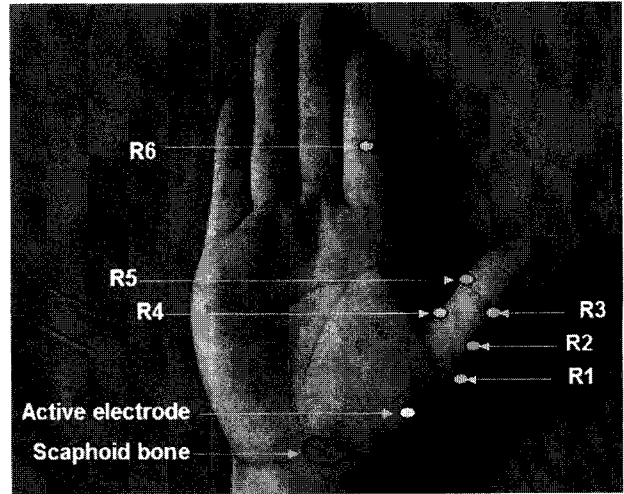


Fig. 1. Locations of active electrode and six reference electrodes placement sites.

R1, Lateral aspect of the base of the proximal phalanx of thumb; R2, lateral aspect of mid portion of proximal phalanx of thumb; R3, lateral aspect of interphalangeal joint of thumb; R4, palmar aspect of base of metacarpophalangeal joint; R5, palmar aspect of interphalangeal joint of thumb; R6, palmar aspect of proximal interphalangeal joint of index finger

(APBa)과 첫 번째 실험에서 이용한 여섯 곳의 참고전극위치(R1a-R6a)에 부착시킨 후 복합근 활동전위를 기록하였다(Fig. 2).

두 번째 실험에서 얻은 복합근 활동전위의 기시잡시와 정점잡시는 첫 번째 실험에서 기록한 각각의 복합근 활동전위 기시잡시와 정점잡시와 동일하도록 수동계측하고 진폭을 측정하였다. 이 중에서 단무지외전근에서의 진폭과 나머지 여섯 곳에서의 활동전위 진폭간의 차이를 구하여 첫 번째 실험의 복합근 활동전위 진폭과 비교하였다.

근전도 기기는 Nicolet Viking IV (Nicolet Instrument Co., USA)를 사용하였고 신경전도 검사시 수부와 완관절부위의 피부온도는 33℃ 이상을 유지하였다. 주파수 여파 범위를 2 Hz에서 10 kHz로 하였고 자극전류 지속시간은 0.05 ms로 하였으며, 기록은 민감도 5 mV/div, 소인속도는 2 ms/div로 하였다. 활동전극에서 8 cm 근위부에서 복합근 활동전위가 최대 진폭에 도달할 때까지 초최대 자극하였다. 기록 전극은 10 mm cup silver EEG 표면 전극 (Nicolet®)을 사용하였다.

3) 통계

각각의 참고전극의 위치에 따라 기록한 정중신경 복합근 활동전위 중 진폭이 가장 컸던 참고전극에서 얻은

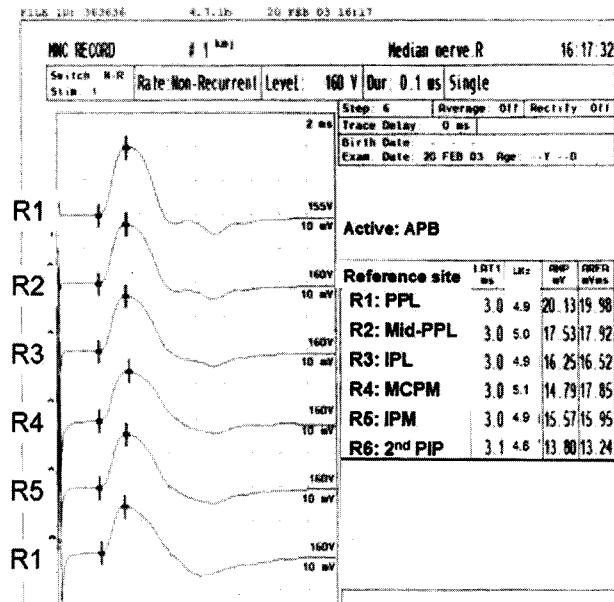


Fig. 2. Median compound muscle action potentials with the active electrode on abductor pollicis brevis (APB) and six different reference electrodes.

R1, Lateral aspect of the base of the proximal phalanx of thumb; R2, lateral aspect of mid portion of proximal phalanx of thumb; R3, lateral aspect of interphalangeal joint of thumb; R4, palmar aspect of base of metacarpophalangeal joint; R5, palmar aspect of interphalangeal joint of thumb; R6, palmar aspect of proximal interphalangeal joint of index finger

전위를 기준으로 다른 부위에서 얻은 전위의 기시잠시와 진폭을 SPSS 10.0에서 paired t-test를 이용하여 비교하였다.

결 과

참고전극의 위치에 따른 정중신경 복합근 활동전위는 모든 실험 대상에서 참고전극을 R1에 부착했을 때 진폭이 평균 14.2 ± 2.7 mV로 가장 컸으며, 다른 곳과 비교하였을 때 통계적으로 의미 있는 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 기시잠시는 참고전극에 따른 의미있는 차이가 없었다(Table 1).

반대측 제2수지 원위부 관절에 참고전극을 부착하고 활성전극을 단무지의전극에 위치시켜 얻은 전위의 진폭은 12.2 ± 2.1 mV이었다. 반대측 제2수지 원위부 관절에 참고전극을 부착하고 활성전극을 서로 다른 여섯 곳의 참고전극위치에 부착하여 기록한 전위의 진폭은 R1에서 평균 -2.0 ± 0.9 mV로 음의 값을 나타냈으나 그 외 다른 곳에서는 작은 양의 값을 나타내었다(Table 2).

반대측 제2수지 원위부 관절에 참고전극을 위치시키

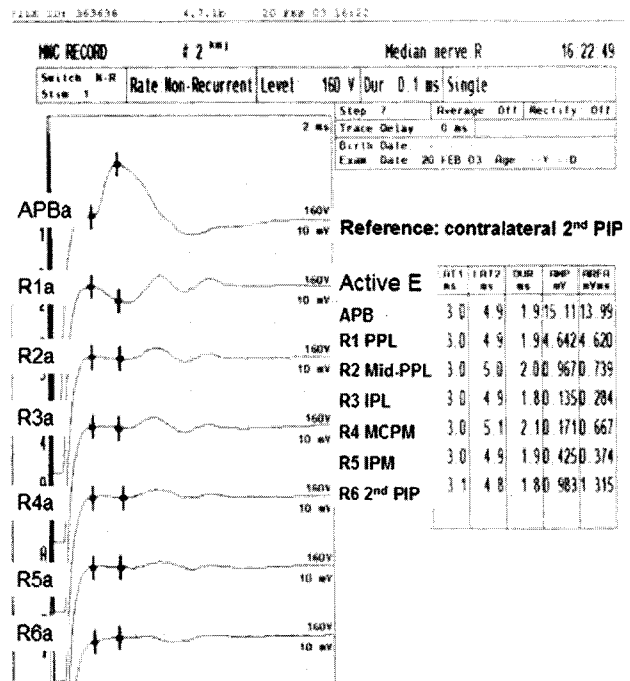


Fig. 3. Median compound muscle action potential with common reference electrode on contralateral index finger and active electrode placements on abductor pollicis brevis (APBa) and six different site (R1a-R6a).

R1, Lateral aspect of the base of the proximal phalanx of thumb; R2, lateral aspect of mid portion of proximal phalanx of thumb; R3, lateral aspect of interphalangeal joint of thumb; R4, palmar aspect of base of metacarpophalangeal joint; R5, palmar aspect of interphalangeal joint of thumb; R6, palmar aspect of proximal interphalangeal joint of index finger

고 활성전극을 단무지의전극에 부착하여 기록한 전위의 진폭과 R1, R2, R3, R4, R5, R6에서 기록한 전위 (R1a-R6a)의 진폭간의 차이는, 활성전극을 단무지의전극에 부착하고 참고전극을 R1에서 R6에 부착하여 기록한 전위의 진폭과 크기가 거의 동일하였고 통계적으로 의미 있는 차이가 없었다(Table 3).

고 찰

정중신경의 복합근 활동전위를 측정할 때 전통적으로 사용되는 참고전극의 위치는 무지의 중수주간관절의 원위부나, 지골관절이다.^{3,7-9} 따라서 검사자마다 참고전극의 위치를 정할 때 차이가 있을 수 있고 기존의 참고전극의 위치도 측면인지 손바닥쪽인지 구분되어 있지 않다. 참고전극의 위치가 복합근 활동전위의 모양에 미치는 영향에 관한 연구들이 있었다.^{3,4,10,11} Wertsch 등⁴

Table 1. Latency and Amplitude of Median Compound Muscle Action Potentials of Six Different Reference Electrode Positions with the Active Electrode on Abductor Pollicis Brevis.

Active Electrode	Reference Electrode	Latency (ms)	Amplitude (mV)
APB	R1	3.3±0.3	14.2±2.7*
APB	R2	3.3±0.2	12.4±2.5
APB	R3	3.3±0.3	11.8±2.4
APB	R4	3.3±0.3	11.6±2.2
APB	R5	3.3±0.3	11.8±2.2
APB	R6	3.2±0.2	11.3±2.0

Values are mean±S.D.

*P < 0.05, Compared to the other reference electrode sites.

R1, Lateral aspect of the base of the proximal phalanx of thumb; R2, lateral aspect of mid portion of proximal phalanx of thumb; R3, lateral aspect of interphalangeal joint of thumb; R4, palmar aspect of base of metacarpophalangeal joint; R5, palmar aspect of interphalangeal joint of thumb; R6, palmar aspect of proximal interphalangeal joint of index finger.

Table 2. Median CMAP Amplitudes with Different Active Electrode Placement and Fixed Reference Electrode Position on the Contralateral Index Finger.

	Active Electrode	Reference Electrode	Amplitude (mV)
APBa	APB	Contralateral 2nd Finger	12.2±2.1
R1a	R1	Contralateral 2nd Finger	-2.0±0.9
R2a	R2	Contralateral 2nd Finger	0.5±0.6
R3a	R3	Contralateral 2nd Finger	0.6±0.6
R4a	R4	Contralateral 2nd Finger	0.7±0.5
R5a	R5	Contralateral 2nd Finger	0.6±0.5
R6a	R6	Contralateral 2nd Finger	1.0±0.5

Values are mean±S.D.

APB, abductor pollicis brevis; R1, Lateral aspect of the base of the proximal phalanx of thumb; R2, lateral aspect of mid portion of proximal phalanx of thumb; R3, lateral aspect of interphalangeal joint of thumb; R4, palmar aspect of base of metacarpophalangeal joint; R5, palmar aspect of interphalangeal joint of thumb; R6, palmar aspect of proximal interphalangeal joint of index finger.

은 심부 척골 운동 전도검사시 근복-건 기록법에 기초하여 제2수지에 참고 전극을 위치시키고 활성 전극의 위치를 변화시켰으나 복합근 활동 전위의 초기 양성 소견은 없어지지 않았다고 하였다. 그러나 참고 전극의 위치를 제1수지에 옮겼을 때 초기 양성 소견이 사라지는 것을 관찰하였다. 이 연구를 통해 복합근 활동 전위의 초기 양성 소견이 언제나 활성 전극이 근육 운동점에 위치하지 않아서 발생하는 것이 아님을 밝혀내었다.

Kincaid 등¹¹은 전통적인 근복-건 기록법을 이용한 복합근 활동 전위를 반대측 손에 참고 전극을 놓고 근육과 건에 활성 전극을 위치시켜 기록한 복합근 활동 전위와 비교하였다. 이 연구에서 척골 신경의 복합근 활동 전위(소지구근)를 검사할 때에 정상적으로 나타나는 두 개의 음성 정점중 두 번째 음성 정점은 건에서 유발된 전위에 의한다고 하였다.

Brashear와 Kincaid는 참고전극이 경골과 비골의

복합근 활동 전위의 모양에 미치는 영향을 연구하였다. 이 연구에서 참고전극이 복합근 활동 전위의 진폭, 면적과 모양에 영향을 끼친다고 하였다.⁵ 이러한 현상은 참고전극의 위치가 정중신경의 복합근활동전위에 영향을 미치기 때문이라고 생각하였고 전통적으로 사용하는 위치를 포함한 세분화된 참고전극위치에서의 정중신경의 복합근 활동전위를 비교하였다. 본 연구에서는 R1에서의 진폭이 다른 곳에서의 복합근 활동 전위보다 진폭이 크다는 것을 알게 되었다. R1에서 상대적으로 진폭이 큰 이유는 건에서의 활동 전위에 의한 것으로 판단하였다.

Kincaid 등은 반대측 손에 참고전극을 위치시키고, 전통적인 근복-건 기록법에서의 근육과 건에 활성 전극을 위치시켜 복합근 활동 전위를 비교하여 건에서도 전기적으로 활동적인 소견이 나타나고 이것이 복합근 활동 전위의 파형모양에 영향을 끼친다고 보고하였다.¹¹

Table 3. Compound Muscle Action Potential Amplitude Difference between Abductor pollicis Brevis Recording and 6 Different Active Recording Positions with Common Reference Electrode on the Contralateral Index Finger.

	Amplitude (mV)
APBa - R1a	14.2±2.6
APBa - R2a	11.7±2.3
APBa - R3a	11.6±2.3
APBa - R4a	11.5±2.2
APBa - R5a	11.6±2.3
APBa - R6a	11.2±2.2

본 연구에서도 Kincaid 등의 방법을 응용하여 반대측 제2수지 원위지관절에 참고전극을 위치시키고 단무지 외전근과 서로 다른 여섯 곳의 참고전극위치에 활성 전극을 위치시켜 복합근 활동전위를 얻는 실험을 하였는데 R1a에서만 진폭이 -2.0 ± 0.9 의 양성파형을 보였고 나머지 여섯 곳(R2a-R6a)에서는 1 mV 이하의 작은 음성파형을 보였다. 복합근 활동 전위는 활성 전극에서의 활동 전위와 참고 전극에서의 활동 전위의 차이로 나타나게 되는데 R1a에서 기록한 활동전위가 진폭이 큰 양성 파형을 나타냄으로써 전통적인 정중신경 복합근 활동전위검사 방법에서 진폭이 크게 나타남을 알 수 있었다. 반대측 제2수지에 참고전극을 부착하여 얻은 전위들을 계산하여 얻은 진폭의 크기와 전통적인 정중 복합근 활동전위검사를 통해 얻은 진폭은 참고전극의 위치별로 동일하였다. 이러한 결과는 R1의 참고전극 위치가 가장 이상적인지는 알 수 없으나 같은 검사실내에서나 같은 환자를 대상으로 추적검사를 시행할 때 동일한 참고전극위치를 사용해야함을 알려준다.

기시 잡시는 가장 빠른 신경 섬유를 통해 전달한 시간이며 기저선으로부터 최초로 음성부분으로 변하는 지점이다.² Kincaid 등^{2,12}은 1993년 참고전극은 비대칭적인 용적 전도를 통해 형성된 far-field potential을 반영할 수 있으므로 복합근 활동 전위의 기시, 전파에 영향을 끼칠 수 있음을 발표하였지만 본 연구에서는 참고전극의 위치에 따른 정중 복합근 활동 전위의 기시잡시는 의미있는 차이가 없었다.

결 론

정중 복합근 활동 전위의 측정시 전통적인 근복-건 기록법에서의 참고전극의 위치에 따라 진폭의 차이가 나타날 수 있다. 따라서 정중 신경 전도 검사를 하거나 추적 검사시 참고 전극을 동일한 곳에 위치시키고 검사

를 시행해야 하며 공식기록이나 논문 발표시에 참고 전극의 위치를 표시해야 할 것이다.

참고문헌

1. Van Dijk JG, van der Kamp W, van Hilten BJ, van Someren P: Influence of recording site on CMAP amplitude and on its variation over a length of nerve. *Muscle Nerve* 1994; 17: 1286-1292
2. Dumitru D: Nerve conduction studies. In: Dumitru D, editor. *Electrodiagnostic medicine*, 1st ed, Philadelphia: Helleny & Belfus, 1995, pp127-130
3. Kimura, J: Facts, fallacies, and fancies of nerve conduction studies: twenty-first annual Edward H. Lambert Lecture. *Muscle Nerve* 1997; 20: 777-787
4. Wertsch JJ, Park TA, Lomas JN, Melvin JL: Effect of reference electrode position on deep ulnar nerve conduction studies. *Muscle Nerve* 1990; 13: 862
5. Brashear A, Kincaid JC: The influence of the reference electrode on CMAP configuration: leg nerve observations and an alternative site. *Muscle Nerve* 1996; 19: 63-67
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(6): 816-821
7. Buchthal F, Rosenfalck A, Trojaborg W: Electrophysiological findings in enrapment of the median nerve of wrist and elbow. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1974; 340-360
8. Dumitru D, Walsh NE: Practical instrumentation and common sources of error. *Arch Phys Med Rehabil* 1988; 67: 55-65
9. Melvin JL, Harris DH, Johnson EW: Sensory and motor conduction velocities in the ulnar and median nerves, *Arch Phys Med Rehabil* 1966; 47: 511-519
10. Raynor, EM, Preston, DC, Logigian, EL: Influence of surface recording electrode placement on nerve action potentials. *Muscle Nerve* 1997; 20: 361-363
11. Kincaid JC, Brashear A, Markand ON: The influence of the reference electrode on CMAP configuration. *Muscle Nerve* 1993; 16: 392-396
12. Dumitru D, King JC: Far-field potentials in muscle. *Muscle Nerve* 1991; 14: 981-989