기록부위 변화가 두피 체성감각유발전위에 미치는 영향

*부산대학교 의과대학 재활의학교실, 고려대학교 의과대학 안산병원 재활의학과**

박병규 · 이종언 · 이상헌*

– Abstract –

Changes of Scalp-Recorded Somatosensory Evoked Potentials Related to Recording Methods

Byung Kyu Park, M.D., Jong-Eon Lee, M.D., Sangheon Lee, M.D.*

Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University College of Medicine
*Department of Rehabilitation Medicine, Korea University Ansan Hospital**

Objectives : To establish the distribution of near-field potential (NFP) and far-field potential (FFP) of somatosensory evoked potentials (SEPs) recorded at the scalp with different recording methods.
Methods : SEPs elicited by stimulation of the right median nerve were recorded in 30 healthy subjects. Thin steel needle electrodes were placed subcutaneously with 5 different recording montages; C3´-Fz; C3´-left upper extremity (LUE); C4´-Fz; C4´-LUE; Fz-LUE. We compared the SEPs recorded with each recording montage by measuring N1 and P1 potentials occurring over 15 msec after stimulus.
Results : N1 and P1 latencies of the responses at C3´ and C4´ were not significantly different each other and not changed with recording method. However, N1-P1 amplitude was considerably affected by recording montage. With comparison of potentials recorded at Fz and C3´, N1 latency of SEPs at C3´ was not different from P1 latency at Fz.
Conclusion : Subcortical FFPs and cortical NFPs would be distributed in the region of C3´, however, only FFPs would be recorded at C4´. In addition, distant NFPs and FFPs are represented at Fz. With cephalic bipolar recording montage, N1 potential would be considered as a summation of N1 at C3´ and P1 at Fz.

Key Words : Somatosensory evoked potentials, Scalp, Near-field potential, Far-field potential

서 론

체성감각유발전위는 말초신경에서 대뇌피질까지의 체성감각계의 기능을 평가하기 위해 시행되고 있고 근접부위 유발전위(near-field potential)와 원범위 전위(far-field potential)로 구성된다.[1] 근접부위 유발전위는 기록부위간의 거리에 따라 변하지만 원범위 전위는 동일한 조건의 volume 전도매체 내에서 거리와 관계없이 양성

부산대학교 의과대학 재활의학교실
Address reprint requests to Byung Kyu Park, M.D.
Department of Rehabilitation Medicine, College of Medicine, Pusan National University, #1-10 Ami-dong, Seo-ku, Pusan, 602-739, Korea
Tel : 82-51-240-7484, Fax : 82-51-247-7485, e-mail : pinkhab@hyowon.cc.pusan.ac.kr

또는 음성의 극성으로 일정하게 발현되는 특성을 띄게 된다.[2-4] 정중신경을 자극하여 두부에서 기록하였을 경우, 체성감각 피질에서 유발되는 전위는 근접부위 유발전위로 생각되지만 시상에서 유발되는 전위는 원범위 전위로 알려져 있다.[5-7]

기록방법으로는 두부 내의 neural generator에 가까운 부위에 활성전극을 부착하고 참고전극을 두부에 부착하는 쌍극기록 방식(bipolar recording montage)과 참고전극을 쇄골, 상완, 완관절 등 두부 이외의 부위에 부착하는 참고기록 방식(referential recording montage)이 이용되고 있다.[8-10] 쌍극기록 방식은 원범위 전위 및 잡음을 제거하여 근접부위 유발전위를 용이하게 평가할 수 있고 참고기록 방식으로는 원범위 전위까지 기록할 수 있는 장점이 있다. 상지신경 자극에 의한 체성감각유발전위의 두피 내 기록 부위로 널리 이용되는 방법은 쌍극기록 방식으로 체성감각피질에서 유발되는 근접부위 유발전위를 평가할 수 있다.

본 연구에서는 기록부위 및 방법에 따른 단잠시 체성감각유발전위(short latency SEP)의 변화를 조사하여 근접부위 유발전위 및 원범위 전위의 특성을 관찰하고, 통상적인 두부 쌍극기록(cephalic bipolar recording) 방식으로 기록되는 체성감각유발전위가 근접부위 유발전위와 원범위 전위가 통합되거나 상쇄되는 과정을 분석하고자 한다.

연구 대상 및 방법

25세에서 34세까지(평균 25.8±3.1세)의 건강한 성인 30명으로 남자 29명, 여자 1명이었고 신장은 평균 174.3±4.2cm(166cm~184cm)이었다.

검사실의 온도를 22~24℃로 일정하게 유지하면서 Counterpoint MK II (Dantec, Denmark) 근전도기기를 사용하였고 우측 정중신경을 자극하여 유발된 체성감각유발전위를 기록하였다. 자극의 강도는 단무지의 경미한 움직임이 육안으로 보이기 시작하는 정도로 하였고, 빈도는 초당 1.5회, 자극지속시간은 0.2msec, 주파수 폭은 5Hz~2KHz, 기록속도는 5msec/division, 기록감응도는 5 μV/division으로 설정하였다. 기록전극은 1cm 길이의 표피 침전극을 이용하여 국제뇌파 10-20 시스템에 입각한 C3와 C4지점과 Fz 지점에 5가지 방법으로 부착하였다. 즉, C3′와 C4′ 지점에서는 쌍극기록 방식(C3′-Fz 및 C4′-Fz)과 참고기록 방식(C3′-좌상완 및 C4′-좌상완)으로 부착하였고 Fz 지점에서는 참고기록 방식(Fz-좌상완)만으로 설정하였다.

200회 반복 자극 후 통합 · 평균하는 과정을 2회 시행하여 얻어진 체성감각유발전위에서 15msec 이후에 유발된 N1과 P1 잠시와 N1-P1 진폭을 조사하여 기록방법과 기록부위에 따른 변화를 분석하였다.[9,11] 통계학적인 검정을 위하여 마이크로소프트 윈도우용 SPSS 풀그림(Release 7.5.2K, 표준버전)에 의한 unpaired t-test를 시행하였고, p 값이 0.01 미만일 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

우측 정중신경을 자극하여 쌍극 또는 참고기록 방식으로 C3′, C4′, Fz 지점에서 체성감각유발전위를 기록하였다(Fig. 1). C3′ 지점에서 기록된 체성감각유발전위는 쌍극기록의 경우, N1 잠시가 평균 19.2msec, P1 잠시가 25.0msec, N1-P1 진폭이 6.16 μV이었고 참고기록의 경우에는 N1 잠시가 19.1msec, P1 잠시가 23.4msec, N1-P1 진폭이 3.98 μV이었다(Table 1). C4′ 지점에서의 전위는 쌍극기록의 경우, N1 잠시가 평균 19.5msec, P1 잠시가 24.9msec, N1-P1 진폭이 2.80 μV이었고 참고기록의 경우에는 N1 잠시가 19.2msec, P1 잠시가 22.7msec, N1-P1 진폭이 3.16 μV이었다(Table 1). Fz 지점에서 참고기록 방식으로 기록된 전위의 경우 N1 잠시는 17.1msec이었고 P1 잠시가 20.4msec, N1-P1 진폭이 1.93 μV이었다(Table 1).

C3′와 C4′ 지점에서 각각 기록된 체성감각유발전위를 비교하면, N1 및 P1 잠시는 기록방법에 관계없이 C3′ 및 C4′에서 서로 유사하였고 각 기록방법에 의한 N1-P1 진폭은 C4′ 지점에서 유의하게 작았다(Table 2). 쌍극기록과 참고기록 방식에 따라 비교하였을 경우에도, 각 전위의 N1 및 P1 잠시는 기록부위와 관계없이 유의한 차이

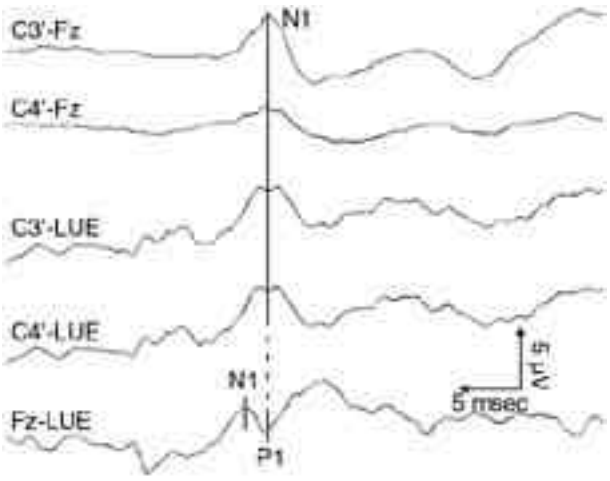

Fig. 1. Representative pattern of somatosensory evoked potentials elicited by stimulation of right median nerve and recorded with different recording methods. With non-cephalic referential recording montage, reference electrode was placed subcutaneously at the proximal part of left upper extremity (LUE).

Table 1. Changes of Waveforms with Different Methods of Recording

Recording	N1 latency (ms)	P1 latency (ms)	Amplitude (μV)
C3′-Fz	19.2±0.9	25.0±3.5	6.16±3.4
C3′-LUE[1)]	19.1±1.1	23.4±2.5	3.98±2.3
C4′-Fz	19.5±1.1	24.9±2.7	2.80±2.1
C4′-LUE	19.2±1.5	22.7±2.1	3.16±1.6
Fz-LUE	17.1±1.3	20.4±2.4	1.93±0.7

1. LUE: Left upper extremity

Table 2. Comparison of Responses Recorded at C3′ and C4′

Recording	N1 latency (ms)	P1 latency (ms)	Amplitude (μV)
C3′-Fz	19.2±0.9	25.0±3.5	6.16±3.4
C4′-Fz	19.5±1.1	24.9±2.7	2.80±2.1
p-Value	0.03	0.57	0.0000028
C3′-LUE[1)]	19.1±1.1	23.4±2.5	3.98±2.3
C4′-LUE	19.2±1.5	22.7±2.1	3.16±1.6
p-Value	0.50	0.20	0.000000000078

1. LUE: Left upper extremity

Table 3. Comparison of Waveforms with Cephalic Bipolar and Noncephalic Referential Recordings

Recording	N1 latency (ms)	P1 latency (ms)	Amplitude (μV)
C3′-Fz	19.2±0.9	25.0±3.5	6.16±3.4
C3′-LUE[1)]	19.1±1.1	23.4±2.5	3.98±2.3
p-Value	0.72	0.05	0.0036
C4′-Fz	19.5±1.1	24.9±2.7	2.80±2.1
C4′-LUE	19.2±1.5	22.7±2.1	3.16±1.6
p-Value	0.90	0.02	0.62

1. LUE: Left upper extremity

Table 4. Comparison of Potentials Recorded at Fz and C3′

Recording	N1 latency (ms)	P1 latency (ms)	Amplitude (μV)
Fz-LUE[1)]	17.1±1.3	20.4±2.4*	1.93±0.7
C3′-LUE	19.1±1.1	23.4±2.5	3.98±2.3
p-Value	0.0000015	0.00015	0.0051

1. LUE: Left upper extremity

*: p>0.05 by unpaired t-test with comparing to N1 latency of the potential recorded at C3′

가 없었고 N1-P1 진폭은 C3′ 지점에서 참고기록 방법에 의한 경우에서만 유의하게 작았다(Table 3). 참고기록 방법으로 Fz 지점에서 기록된 N1 및 P1 잠시는 C3′ 지점에서보다 유의하게 단축되었고 N1-P1 진폭은 C3′ 지점에서보다 의미 있게 작았다(Table 4). 그리고 Fz 지점에서의 P1 잠시는 C3′ 지점에서의 N1 잠시와 유의한 차이가 없었다.

고 찰

두피에 기록되는 체성감각유발전위 검사는 쌍극기록 방식에 의하여 통상적으로 시행되며 N1에 해당되는 N1 (N20) 전위가 가장 유용하다고 알려져 있다.[1,10] 이러한 검사방법으로 상지를 자극하여 체성감각유발전위를 검사하는 경우 기록전극이 자극부위와 동측의 두피에 삽입되었을 경우에도 N1과 P1 전위를 뚜렷하게 관찰할 수 있기 때문에 진단적 오류를 범할 가능성이 있다고 생각된다. 이는 원범위 전위와 반대측 기록부위에서 유발된 근접부위 유발전위가 합쳐져서 자극부위와 동측인 경우에도 반대측에서 기록된 전위와 유사한 형태로 유발될 수 있기 때문으로 생각된다.

정중신경 자극으로 의한 C3 또는 C4에서 기록된 체성감각유발전위 중 원범위 전위는, 상완신경총에서 유발되는 P9 전위, 후근에서의 P11, 내측모대 부위의 P13 또는 P14와 함께 시상 또는 뇌간 근처에서 기시한다고 생각되는 N18 전위 등으로 구성된다.[1] 근접부위 유발전위로는 롤란도구후열에서 유발되는 N20, 운동영역에서의 P22, 두정엽 피질에서의 P27 등이 보고된 바 있다.[1]

본 연구에서 자극부위와 동측에서 기록된 전위의 경우 기록방식에 관계없이 반대측에서 기록된 전위에 비하여 잠시는 유사하였으나 진폭은 작았다. 이러한 결과로, 자극 반대측 두피에서는 롤란도구후열에서 유발되는 근접부위 유발전위(N20)와 시상 근처에서 유발되는 원범위 전위(N18)가 함께 유발되지만 자극 동측의 두피에서는 원범위 전위만 기록된다고 생각할 수 있다. 쌍극기록과 참고기록 방식에 따라 비교하였을 경우, 각 전위의 N1 및 P1 잠시는 유사하였고 진폭은 자극 반대측에서 참고기록 방법으로 기록된 경우에서만 작았다. 자극 반대측에서 기록된 N1 전위가 쌍극기록의 경우에서 큰 이유는 활성전극에서 기록되는 근접부위 유발전위(N20)가 참고전극에서의 유사한 잠시의 양성편향 전위의 역상과 합쳐져 증폭되기 때문으로 생각된다. 자극 동측에서 기록될 경우에는 이러한 전위의 증폭 효과가 없으므로 기록방법에 따른 전위의 차이가 없었다고 생각된다.

전두엽 부위에서 측정된 전위는 반대측 대뇌에서 발생된 전위가 주위로 퍼지면서 기록되는 것으로 알려져

있다.[11] 그러나 발생부위 및 기전에 대해서는 연구자에 따라 다른 결과가 보고되고 있다. Mauguiere 등[12]은 반대측 대뇌에서 발생한 전위가 뇌량을 통해 전달된 것이라 보고하였고, Desmedt와 Bourguet[13]은 동측의 보조운동영역에서 발생하는 것으로 보았다. 또 Yamada 등[14]은 시상피질투사 부위에서 발생한다고 하였고 Kakigi[15]는 일차감각피질에서 발생하여 반대측으로 volume 전도된 것이라고 보고하였다. 이러한 여러 결과들을 종합해 보면 전두엽에서 기록되는 체성감각유발전위는 시상 주위나 두정엽 피질로부터 volume 전도를 통하여 측정되는 것으로 생각된다.

본 연구에서 참고기록 방법으로 Fz 지점에서 기록된 P1 잠시는 C3′ 지점에서의 N1 잠시와 유사하였다. 이러한 결과로 Fz의 전위는 C 3에서 기록되는 근접부위 유발전위가 직접 volume 전도되었거나 시상으로부터 유발되는 전위가 확산되어 원범위 전위로 기록되었을 것으로 추정할 수 있다. Fz의 P1 전위는 잠시가 유사하므로 원범위 전위일 가능성이 높으나 P1에 이어 유발되는 N2 전위는 C 3의 근접부위 유발전위에 의한 것으로도 생각할 수 있다. 즉, C3′ 지점에서는 피질에서 발생한 근접부위 유발전위가 직상방으로 기록되어 음성 편향으로 측정되는 반면, Fz 지점에서는 원발성으로 volume 전도되면서 양성 편향의 P1 전위가 선행되는 음성 편향의 N2 전위로 기록되었을 것으로 추정한다.

Tsuji 등[11]은 정중신경을 자극하여 기록한 체성감각유발전위를 분석하여 P20과 N26전위가 양측 전두부 영역의 여러 부위에 넓게 분포한다고 보고하였다. 이는 전두엽을 통한 전도가 용이하기 때문인데, 자극 동측에서 기록할 경우에는 반대측 반구로부터 뇌량을 통하여 전도되는 부분보다는 volume 전도를 통한 원범위 전위가 주로 기록될 것으로 생각된다. 본 연구에서도 자극 반대측의 두정엽 피질에서 발생한 근접부위 유발전위가 전도되어 자극 동측에 기록되었을 가능성은 희박하다고 생각한다.

향후 편마비 환자를 대상으로 쌍극기록방식과 참고기록방식을 적용한다면, 손상 부위를 구분하여 평가할 수 있을 것으로 생각된다. 자극 반대측 두정엽 부위에서 쌍극기록과 참고기록 방식으로 각각 측정된 체성감각유발전위를 비교한다면 두정엽 피질 부위와 시상의 기능을 구분하여 평가할 수 있을 것이다. 그러나 참고기록방식으로 측정할 경우 여러 부위에서 유발되는 원범위 전위와 전기적 잡음으로 왜곡될 경우에는 쌍극기록방식으로 기록부위 변화에 따른 전위의 변화를 관찰하여 시상에서 발생되는 전위를 평가할 수 있을 것으로 생각한다.

결 론

우측 정중신경을 자극하여 유발된 체성감각유발전위를 기록방식에 따라 비교한 결과, C3′에서는 근접부위 유발전위와 시상 부위에서 유발되는 피질하성 원범위 전위가 함께 기록되고 C4′에서는 피질하성 원범위 전위만이 기록된다고 생각된다. 그리고, Fz에서는 시상의 원범위 전위와 원발성 volume 전도되는 근접부위 유발전위가 함께 기록된다고 추정된다. 통상적으로 정중신경을 자극하여 두피 내 쌍극기록 방식으로 기록된 N1 전위는, 자극 반대측에서의 근접부위 유발전위인 N1 전위가 Fz에서 기록되는 원범위 전위인 P1 전위의 역상과 합해져서 증폭된 결과로 판단된다.

REFERENCES

1. Aminoff MJ, Eisen AA: AAEM minimonograph 19: somatosensory evoked potentials. Muscle Nerve 1998: 21: 277-290
2. Dumitru D, DeLisa JA: AAEM Minimonograph #10: volume conduction. Muscle Nerve 1991: 14: 605-624
3. Kimura J, Mitsudome A, Beck DO, Yamada T, Dickins QS: Field distribution of antidromically activated digital nerve potentials: model for far-field recording. Neurology 1983: 33: 1164-1169
4. Kimura J, Mitsudome A, Yamada T, Dickins QS: Stationary peaks from a moving source in far-field recording. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1984: 58: 351-361
5. Kaji R, Tanaka R, Kawaguchi S, McCormick F, Kameyama M: Origin of short-latency somatosensory evoked potentials to median nerve stimulation in the cat: comparison of the recording montages and effect of laminectomy. Brain 1986: 109: 443-468
6. Lueders H, Lesser R, Hahn J, Little J, Klem G: Subcortical somatosensory evoked potentials to median nerve stimulation. Brain 1983: 106: 341-372
7. Tsuji S, Shibasaki H, Kato M, Kuroiwa Y, Shima F: Subcortical, thalamic and cortical somatosensory evoked potentials to median nerve stimulation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1984: 59: 465-476
8. American Electroencephalographic Society: Guidelines for clinical evoked potential studies. J Clin Neurophysiol 1984: 1: 3-53
9. Yamada T: The anatomic and physiologic bases of median nerve somatosensory evoked potentials. Neurol Clin 1988: 6: 705-733
10. Dumitru D: Electrodiagnostic medicine, 1st ed, Philadelphia: Hanley and Belfus, 1995, pp281-337
11. Tsuji S, Murai Y, Hashimoto M: Frontal distribution of early cortical somatosensory evoked potentials to median

nerve stimulation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1988: 71: 273-279

12. Mauguiere F, Desmedt, JE, Courjon J: Neural generators of N18 and P14 far-field somatosensory evoked potentials studied in patients with lesion of thalamus or thalamo-cortical radiations. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1983: 56: 283-292
13. Desmedt JE, Bourguet M: Color imaging of parietal and frontal somatosensory potential fields evoked by stimulation of median or posterior tibial nerve in man. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1985: 62: 1-17
14. Yamada T, Kayamori R, Kimura J, Beck DO: Topography of somatosensory evoked potentials after stimulation of the median nerve. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1984: 59: 29-43
15. Kakigi R: Ipsilateral and contralateral SEP components following median nerve stimulation: effects of interfering stimuli applied to the contralateral hand. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1986: 64: 246-259