

흉추부 신경병증에서 체성감각 유발전위검사의 임상적 유용성

경희대학교 의과대학 재활의학교실

안경희 · 오진주 · 김희상 · 이종하 · 정용설

– Abstract –

The Clinical Usefulness of the Somatosensory Evoked Potentials in Thoracic Neuropathy

Kyung Hoi Ahn, M.D., Jin Ju Oh, M.D., Hee-Sang Kim, M.D.,
Jong-Ha Lee, M.D., Yong Sul Jeong, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Kyung Hee University Collge of Medicine

Objective: The purpose of this study was to assess the usefulness of intercostal somatosensory evoked potential (SSEP) for evaluating lesions affecting the thoracic nerve.

Methods: We studied 20 healthy control group and 16 patients group with thoracic neuropathy. We examined bilateral 3, 5, 7, 9th intercostal SSEPs in control group and each lesion side and contralateral side in patients group.

Results: In controls, the mean P1 latencies were 23.75 msec for the third intercostal SSEPs, 25.03 msec for the fifth intercostal SSEPs, 26.43 msec for the seventh SSEPs, 27.86 msec for the ninth intercostal SSEPs. The mean N1 latencies for the 3rd, 5th, 7th, 9th were 34.69 msec, 35.96 msec, 37.68 msec and 38.86 msec, respectively and the mean amplitudes of P1N1 were 1.38 μ V, 1.24 μ V, 1.19 μ V and 1.01 μ V, respectively. The P1 latency and N1 latency difference of SSEP between involved and uninvolved side in patient group had significancy compared with side to side difference in control group. The amplitude difference of SSEP between involved and uninvolved side in patient group had not significancy compared with side to side difference in control group.

Conclusion: The intercostal SSEPs is a easily and painlessly obtained method and a complementary examination to thoracic nerve and intercostal nerve lesions.

Key Words: Thoracic neuropathy, Intercostal nerve, Somatosensory evoked potential

서 론

늑간신경 병변 또는 흉추부 신경병증의 증상은 임상에서 흔히 접하게 되는 배부통, 흉통에서부터 체간의 근력약화, 호흡마비, 감각이상 등의 신경학적 증상을

보이는 경우까지 다양한 증상을 나타내며 이에 대한 적절한 치료를 위해서는 정확한 진단을 필요로 한다.¹ 흉추부 신경병증의 원인으로는 흉추부 추간판 탈출증, 당뇨, 대상포진, 흉추부 압박골절, 늑골 전위, 전이성 암, 흉추부 또는 상복부의 수술, 척수 손상 등을 들 수 있으며, 늑간신경통으로 흉부 및 복부에 동통을 호소하는

Address reprint requests to **Jin Ju Oh, M.D.**

Department of Rehabilitation Medicine, Kyung Hee University Hospital,
1 Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-702, Korea

TEL: 82-2-958-8565, FAX: 82-2-958-8560, E-mail: cyppearl@hanmail.net

경우에는 내부장기의 이상으로 인한 동통, 복직근의 포획신경증후군으로 인한 복통, 사지마비의 동반 없이 호흡마비를 초래하는 급성 염증성 다발성 말초신경 병변 등과의 감별이 필요하다.¹

흉추부 신경병증에 대한 검사는 1968년에 Caldwell 등²이 침전극을 기록전극과 자극전극으로 하여 운동신경 전도검사를 시행한 바 있으며, 그후 1974년에는 Johnson 등³이 정상군과 환자군에서 Caldwell 등¹과 같은 방식으로 신경전도검사를 시행하였다. 그러나 이러한 늑간신경의 운동신경검사의 침전전도 검사는 정확한 각 분절의 국소화가 어렵고, 통증의 문제가 있으며, 손상 원위부의 병변 부위만을 평가할 수 있으며 기흉 등의 부작용이 있어 흉추부 신경병증을 평가하는데 한계점이 있다. 1989년에 Prahara와 Taly⁴에 의해, 1992년에 강 등⁵에 의해 표면전극을 기록전극으로 한 늑간운동신경검사의 유용성이 보고된 바 있다. 늑간근, 복부근, 척추주위근에 대한 침전전도검사가 흉추부 신경근 병변의 진단에 도움이 된다는 보고^{5,6,7,8,9,10}도 있으나, 이 방법 역시 통증이 심하고 신경병변의 원위부에 대해서만 유용할 뿐 아니라 각 흉추부 신경근 분절의 위치를 정확히 구별하기 어렵다는 단점으로 사용이 제한되어 있다. 늑간신경이 신경총을 형성하지 않고 일정한 주행경로를 가지고 있는 해부학적 특수성으로 인해 체성감각 유발전위 검사로 해당 늑간신경을 선택적으로 자극할 수 있는 장점이 있다. 체성감각유발전위는 1947년 Dowson¹¹이 최초로 사람의 말초 신경에 전기자극을 가하여 두피에 전위를 기록한 이후로 그 임상적 유용성에 대해 많은 연구가 이루어져 왔으며, Slimp 등¹²은 1991년에 C4에서 S1까지 피부분절을 따라 자극을 하고 두피에서 기록하는 방법으로 체성감각유발전위검사를 실시했다. 그러나, 흉추부 피부분절 체성감각유발전위는 피부분절이 중복되는 경향이 있으므로 해당 늑간신경을 선택적으로 자극하는데는 한계가 있었다. Dreyfuss 등

¹³은 1993년에 정상성인의 양측 3, 5, 7, 9 번째 늑간신경유발검사를 실시했으며, 국내에서는 강 등¹이 1992년에 30명의 정상 성인을 대상으로 복직근의 CMAP과 6번 흉추의 극돌기 위치에서 척수 유발전위검사를 검사했으며, 김 등¹⁴은 1995년에 27명의 대상포진 환자의 늑간신경 체성감각유발전위검사를 실시했다. 1996년에 김 등¹⁵은 10명의 흉추부 척수신경 손상 환자의 늑간신경 체성감각유발전위검사를 통해 늑간신경유발전위검사의 유용성을 증명했다.

체성감각유발전위검사는 신경전도검사와 침전전도검사의 한계점들을 극복할 수 있는 좋은 검사방법이지만, 흉추부 신경병증에서의 유용성이 잘 규명되지 않은바, 이에 흉추부 신경병증의 진단에 체성감각유발전위검사를 시도하여 임상적 유용성을 알아보려 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

환자군은 2001년 12월에서 2002년 5월 17일까지 대상포진, 압박골절, 흉추부 수술, 당뇨병성 신경병증, 늑골 골절과 전위로 인한 흉추부 신경병증으로 본원에서 입원 또는 외래 치료를 받은 16명을 대상으로 했다. 대조군은 흉통이나 복통이 없고 신경근육계 질환이나 당뇨병과 같은 전신질환이 없는 정상 성인을 대상으로 했다.

환자군은 남자 7명, 여자 9명이었고 단일 병변이 있는 사람이 11명, 복수 병변이 있는 사람이 5명이었으며 평균나이는 61.6세(34~80)이었다. 대조군은 20명으로 남자 17명, 여자 3명이었고 평균나이는 30.7세(23~39)이었다. 대상포진 환자가 4명, 흉추부 압박골절 환자가 4명, 흉추부 수술 환자가 5명, 당뇨병성 신경병증 환자가 1명, 늑골 골절 환자가 2명이었다. 병변으로는 3번째 늑간신경에서 11번째 늑간신경까지 각각 2례, 7례, 1례, 2례, 4례, 2례, 4례, 5례, 3례이었다.

2. 연구방법

근전도기계는 메텔렉사의 사파이어를 사용하였다. 주파수 여파범위(filter setting)은 3 Hz에서 5 kHz로 하였고, 민감도는 10 μ V으로 설정하였으며 자극 횟수는 512번, 자극 강도는 육안적으로 수축이 관찰되며 환자가 통증을 느끼지 않을 정도 내에서 최고로 높였다(Table 1).

국제 10-20 뇌파분류법에 의해 두부에서의 기록은 침전극을 사용하여 활동기록전극은 C1' 와 C2' 에, 기준기록전극은 Fpz' 에 위치시켰으며, 접지전극은 쇄골 위에 부착시켰다. 환자는 누운 자세에서 팔을 머리위로 올리

Table 1. Instrumentation

Machine: Medelc [®] sapphire premiere
Sensitivity: 10.0 μ V
Display sens.: 500 nV
Timebase: 100 ms
Low filter: 3 Hz
High filter: 5 KHz
Number of sweeps: 512
Rep. Rate(pps): 5
Pulse width: 100 μ s
Stim. Intensity: 8-30 mA (visible contraction)

게 하였다(Fig. 1). 자극은 3번째 늑간신경은 흉골의 외측에, 4번째에서 11번째 늑간신경은 전방 액와선에 주었다. 대조군은 양측 3, 5, 7, 9번째 늑간신경 체성 감각유발전위검사를, 환자군은 각 병변부와 그 반대편의 체성감각유발전위검사를 실시하였다. 잠시는 첫 양위상 정점(P1)과 첫 음위상 정점(N1)으로 하였고 진폭은 첫 양위상과 음위상 정점 사이의 높이로 하였다. 대조군에서는 P1 잠시, N1 잠시, 진폭 그리고 각각의 좌우의 차이를, 환자군에서는 병변부의 P1 잠시, N1 잠시, 진폭과 병변부와 같은 위치의 비병변부위의 P1 잠시, N1 잠시, 진폭, 그리고 같은 피부분절의 병변부와 비병변부위의 각각의 차이를 평가했다. 대조군에서의 잠시와 진폭의 좌우 차이와, 환자군에서의 같은 피부분절의 병변부와 비병변부의 잠시와 진폭의 차이를 paired t-test로 검증하였다.

결 과

1. 대조군의 체성감각유발전위검사 소견

대조군에서 제 3, 제 5, 제 7, 제 9 늑간신경 감각신경유발검사 소견은 P1 잠시가 각각 23.75 msec, 25.03 msec, 26.43 msec, 27.86 msec으로 3번째 늑간신경에서 9번째 늑간신경으로 내려갈수록 직선적으로 길어지는 소견을 보였고, N1 잠시는 각각 34.69 msec, 35.96 msec, 37.68 msec, 38.68 msec로 P1 잠시와 마찬가지로 아래쪽으로 내려 갈수록 길어지는 소견을 보였다. 진폭은 각각 1.38 μ V, 1.24 μ V, 1.19 μ V, 1.01 μ V으로 3번째 늑간신경에서 9번째 늑간신경

으로 내려갈수록 크기가 감소하는 경향을 보였다 (Table 2).

2. 환자군의 체성감각유발전위검사 소견

환자군에서 병변 부위의 늑간신경 감각신경유발검사 소견은 제 3 늑간신경에서 제 11 늑간신경까지 P1 잠시가 각각 30.95 msec, 32.36 msec, 34.30 msec, 30.15 msec, 29.85 msec, 33.90 msec, 35.17 msec, 32.31 msec, 30.23 msec으로, 비병변부의 23.45 msec, 24.99 msec, 25.00 msec, 25.40 msec, 25.97 msec, 27.28 msec, 27.02 msec, 29.72 msec, 28.75 msec에 비해 길어져 있었다

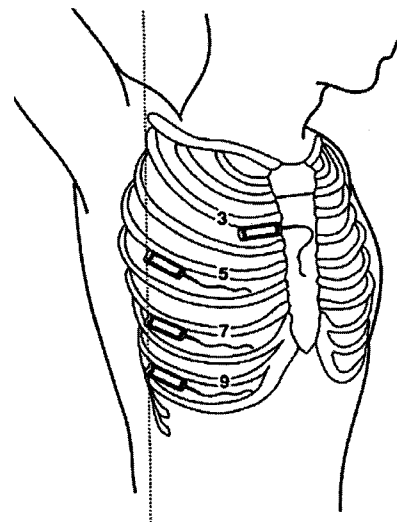


Fig. 1. Stimulation sites for the third, fifth, seventh, and ninth intercostal nerves

Table 2. Results of Intercostal SSEPs in Control Group (N=20)

		T3	T5	T7	T9
P1(msec)	RT	23.64 ± 1.72	24.92 ± 1.65	26.43 ± 1.68	27.70 ± 2.29
	LT	23.85 ± 1.76	25.15 ± 1.82	26.11 ± 1.86	28.05 ± 2.22
	Mean	23.75 ± 1.71	25.03 ± 1.72	26.28 ± 1.75	27.86 ± 2.22
N1(msec)	RT	34.65 ± 2.06	35.84 ± 3.06	37.66 ± 2.35	38.24 ± 2.57
	LT	34.73 ± 2.49	36.10 ± 2.38	37.44 ± 1.58	38.48 ± 2.46
	Mean	34.69 ± 2.24	35.96 ± 2.69	37.68 ± 1.91	38.68 ± 2.47
Amp.(μ V)	RT	1.29 ± 0.93	1.16 ± 0.95	1.14 ± 1.11	1.07 ± 0.97
	LT	1.47 ± 0.86	1.33 ± 1.21	1.25 ± 1.38	0.94 ± 0.56
	Mean	1.38 ± 0.89	1.24 ± 1.08	1.19 ± 1.23	1.01 ± 0.78

The values are mean ± standard deviation

P1: P1 latency

N1: N1 latency

Amp.: P1-N1 Amplitude

RT: Right side

LT: Left side

Mean: Mean value of right side and left side

(Table 3). 병변부의 N1 잠시는 각각 41.35 msec, 42.08 msec, 42.60 msec, 39.60 msec, 42.48 msec, 41.80 msec, 43.28 msec, 40.53 msec, 42.37 msec이었으며, 비병변부의 N1 잠시는 각각 34.27 msec, 35.69 msec, 37.60 msec, 35.35 msec, 35.96 msec, 37.46 msec, 36.12 msec, 38.05 msec, 38.47 msec로 병변부의 잠시가 비병변 부위의 잠시에 비해 길어져 있었다(Table 3). 제 3 늑간신경에서 제 11 늑간신경까지의 진폭은 병변부가 각각 0.66 μ V, 1.68 μ V, 0.45 μ V, 0.97 μ V, 0.91 μ V, 1.16 μ V, 1.12 μ V, 0.72 μ V, 0.58 μ V, 비병변부는 각각 1.55 μ V, 1.61 μ V, 0.63 μ V, 1.67 μ V, 1.12 μ V, 1.14 μ V, 0.88 μ V, 1.08 μ V, 0.99 μ V이

었다(Table 3).

3. 대조군과 환자군의 잠시와 진폭차의 비교

대조군에서 좌우 P1 잠시의 차이는 0.99 ± 0.80 msec, N1 잠시의 차이는 1.19 ± 0.85 msec, 진폭의 차이는 0.34 ± 0.34 μ V이었다(Table 4). 환자군에서 병변 부위와 비병변 부위의 P1 잠시의 차이는 5.28 ± 4.47 msec, N1 잠시의 차이는 5.63 ± 4.64 msec이었으며 진폭의 차이는 0.59 ± 0.69 μ V로 대조군에 비해 P1과 N1 잠시의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 4)($P < 0.01$).

Table 3. Results of Intercostal SSEPs in Patient Group

	P1(msec)		N1(msec)		Amp(μ V)	
	Lesion side	Normal side	Lesion side	Normal side	Lesion side	Normal side
T3 (n=2)	30.95 \pm 4.87	23.45 \pm 0.21	41.35 \pm 2.19	34.27 \pm 2.30	0.66 \pm 0.05	1.55 \pm 0.28
T4 (n=7)	32.36 \pm 8.40	24.99 \pm 2.43	42.08 \pm 5.17	35.69 \pm 2.77	1.68 \pm 1.47	1.61 \pm 2.03
T5 (n=1)	34.30	25.00	42.6	37.6	0.45	0.63
T6 (n=2)	30.15 \pm 3.46	25.40 \pm 2.40	39.60 \pm 2.12	35.35 \pm 0.35	0.97 \pm 0.56	1.67 \pm 0.82
T7 (n=4)	29.85 \pm 2.08	25.97 \pm 1.25	42.48 \pm 3.22	35.96 \pm 2.61	0.91 \pm 0.60	1.12 \pm 0.32
T8 (n=2)	33.90 \pm 9.83	27.28 \pm 2.53	41.80 \pm 5.52	37.46 \pm 2.44	1.16 \pm 0.56	1.14 \pm 0.07
T9 (n=4)	35.17 \pm 6.38	27.02 \pm 2.54	43.28 \pm 6.40	36.12 \pm 1.36	1.12 \pm 0.32	0.88 \pm 0.32
T10 (n=5)	32.31 \pm 3.18	29.72 \pm 3.03	40.53 \pm 2.61	38.05 \pm 2.06	0.72 \pm 0.48	1.08 \pm 0.40
T11 (n=3)	30.23 \pm 1.36	28.75 \pm 2.35	42.37 \pm 2.60	38.47 \pm 3.00	0.58 \pm 0.20	0.99 \pm 0.06

The values are mean \pm standard deviation

P1: P1 latency

N1: N1 latency

Amp.: P1-N1 Amplitude

Table 4. Comparison of Intersidal Difference between Control Group and Patient Group

	Patient group	Control group	Significance
Δ P1	5.28 \pm 4.47	0.99 \pm 0.80	P < 0.01
Δ N1	5.63 \pm 4.64	1.19 \pm 0.85	P < 0.01
Δ Amp	0.59 \pm 0.69	0.34 \pm 0.34	NS

The values are mean \pm standard deviation

Δ P1: Intersidal difference of P1 latency, Δ N1: Intersidal difference of N1 latency, Δ Amp: Intersidal difference of amplitude

고 찰

늑간신경은 각 흉추부 신경근의 배쪽 분지(rami)로서 늑골사이를 주행하는 11쌍의 신경을 의미하며 마지막 늑골 아래를 지나서 12번째 신경은 늑하신경이라 한다. 늑간신경은 처음 내늑간근을 뚫고나와 각 늑간근에서는 내외늑간근 사이를 지나고 전방에서는 내늑간근과 흉횡근 사이에 위치한다. 상부 6개의 늑간신경은 흉벽에 평행하게 주행하여 늑골궁을 넘어 복벽에 이르러, 제 7, 8 늑간신경은 상방으로, 제 9 늑간신경은 거의 수평복횡근과 내복사근 사이를 지나서 복직근에 도달한다. 이들은 각각 근육 분지(muscular branch), 외측 피부 분지(lateral cutaneous branch), 전방 피부 분지(anterior cutaneous branch)로 갈라진다 (Fig. 2).^{1,14}

늑간신경은 다른 척추신경과 달리 신경총을 형성하지 않고 일정한 주행경로를 갖고 있다. 이러한 해부학적 구조로 인해 흉추부 신경 체성감각유발전위검사는 해당 늑간신경의 위치를 쉽게 찾을 수 있으므로 선택적으로 자극할 수 있고, 검사의 재현성이 높고 일정한 결과를 얻을 수 있다. 체성감각유발전위는 말초신경의 A-β 신경 섬유와 같은 수초성 대신경섬유가 자극되어 발생하는 것으로 이 신경섬유는 역치가 낮기 때문에 작은 강도의 자극으로도 흥분되어 후신경절의 신경세포를 통하여 중추신경으로 자극이 전달된다. 또한 중추신경계 내에서는 척수의 후주와 시상을 경유하여 대뇌피질로 전달되는 것으로 알려져 있다.¹⁶

저자들은 Dreyfuss 등¹³, 김 등¹⁵과 같은 방식으로 늑간신경을 자극하였는데, 이 방식을 통해서는 늑간신경의 전방 피부분지가 자극되어진다.

본 연구에서 대조군의 P1 잠시와 N1 잠시와 환자군의 비병변부의 P1 잠시와 N1 잠시 모두 3번째 늑간신경에서 9번째 혹은 11번째 늑간신경으로 내려갈수록 길어지는 소견을 보였는데, 이는 흉추부 신경 체성감각유발전위검사를 실시한 Dreyfuss 등¹³, 김 등¹⁴, 김 등¹⁵과 같은 소견이다. 좌우의 잠시는 의미있는 차이를 보이지 않았다. 하부 늑간신경일수록 직선적으로 잠시가 길어지는 것은 복부에서 주행경로가 길어지고 지배하는 하부 복직근 부위의 피하지방층이 두텁기 때문일 것으로 보고되고 있다.¹ 단, 잠시의 평균치는 연구실마다 차이가 있었는데, 국내에서 보고된 김 등¹⁵이 보고한 수치가 본 연구실의 결과와 가장 유사했으며, Dreyfuss 등¹³에 의한 결과는 국내에서 발표한 결과들에 비해 P1과 N1의 잠시가 모두 짧게 나왔다. 이는 대상군의 나이 및 체형, 성별의 차이, 기계의 조작 차이 등이 원인이 될 것으로 생각된다. 따라서 체성감각유발전위검사에도 정상측정치의 체형 및 연령, 성별에 따른 변화에 대해서

는 좀더 연구가 필요할 것으로 사료되며 각 연구실은 해당 연구실의 정상 대조군의 평균치를 산정해야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 대조군의 진폭은 제 3 늑간신경에서 제 9 늑간신경으로 내려갈수록 감소하는 경향을 보였는데, 각 연구실마다 평균치의 차이가 크게 나타났으며, 하부 신경일수록 일정하게 감소되는 양상도 찾아보기가 어려웠고 편차도 심하게 나타나는 등 임상적으로 적용하기에 많은 어려움이 있었다.

늑간 신경 체성 감각유발전위의 이상소견의 범위를, 이 검사방법을 제시한 Dreyfuss 등¹³은 반응이 없거나, 진폭이 65.5% 이하로 감소되어 있는 경우로 하였으나, 일반적으로 체성감각유발전위는 진폭보다는 잠시의 변화가 의미 있다고 하고, 반응이 없거나, 잠시가 평균값의 3 표준편차를 벗어나는 경우를 이상 소견으로 보는 경향이다. 그러나, 이러한 기준으로 보면 가음성률이 높아지고, 병변이 양측성인 경우가 많아 양측을 비교하기가 어렵다. 따라서 김 등¹⁴은 잠시의 경우 개인차가 많아 평균치를 이용하기보다는 각 환자의 늑간 체성감각유발전위를 순차적으로 기록하여 병변이 의심되는 위치보다 상부전위로부터 잠시의 차이를 구한 값이, 본 연구에서 제시한 표준편차의 2배 이상 지연된 경우 이상 소견으로 간주하는 것이 더 합리적이라고 했다. 본 연구에서는 단일 병변은 Dreyfuss 등¹³의 방식을, 복수 병변의 경우 즉, 양측으로 병변이 있는 경우는 김 등¹⁴의 방식을 따라 병변이 의심되는 위치의 상부나 하부전위로부터 잠시를 구하여 표준편차의 2배 이상 지연된 경우를 이상 소견으로 판단했다.

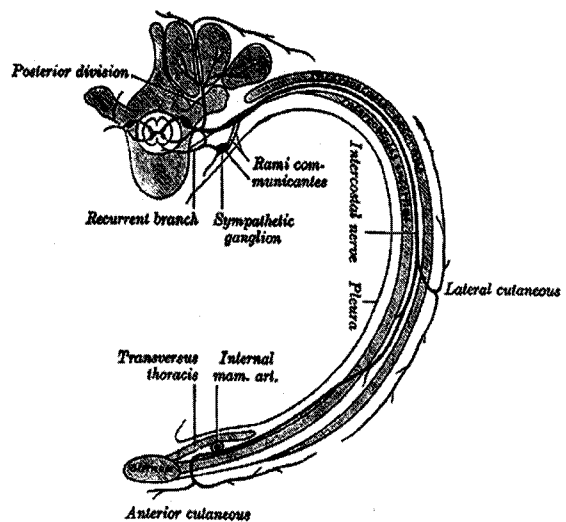


Fig. 2. Anatomy of intercostal nerve

환자군에서 잠시의 경우는 비교적 안정된 전위를 얻을 수 있어 병변부의 이상 여부를 쉽게 확인할 수 있었으며, 진폭의 경우는 제 3, 제 5, 제 6, 제 7, 제 10, 제 11번째 늑간신경에서 병변부가 비병변부에 비해 진폭이 감소되어 있는 경향을 보였으나 나머지 늑간신경에서는 오히려 비병변부의 진폭이 병변부위 진폭보다 감소해 있어 잠시보다 정확성이 떨어지는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 체성감각유발전위의 임상적 유용성을 살펴보는 한 방법으로 대조군의 잠시 및 진폭의 좌우차이와 환자군에서 병변부와 같은 피부분절의 비병변부의 잠시 및 진폭의 차이를 비교했다. 병변부와 같은 피부분절의 비병변부의 잠시의 차이는 대조군의 좌우 잠시의 차이와 비교했을 때 유의한 차이를 보였으며 ($P < 0.01$), 진폭은 유의한 차이를 보이지 않았다.

결 론

1. 대조군에서 제 3 늑간신경에서 제 9 늑간신경으로 갈수록 전위의 P1과 N1의 잠시는 직선적으로 증가하였으며, 진폭은 감소하는 경향을 보였다.
2. 환자군에서 같은 피부분절의 비병변부에 비해 병변부에서의 P1과 N1의 잠시는 지연되었고, 진폭은 감소되는 경향을 보였다.
3. 환자군에서 병변부와 같은 피부분절의 비병변부의 잠시의 차이는 대조군의 좌우 잠시의 차이와 비교했을 때, 유의한 차이를 보였다($P < 0.01$).
4. 환자군에서 병변부와 같은 피부분절의 비병변부의 진폭의 차이는 대조군의 좌우 잠시의 차이와 비교했을 때 유의한 차이를 나타내지 않았다.

이상의 결과로 보아 늑간신경 체성감각유발전위는 임상에서 늑간 신경이나 흉추부 신경병증의 진단에 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강세윤, 고영진, 김윤태, 강태희: 늑간신경의 운동신경전도검사와 척수유발전위검사. 대한재활의학회지 1992; 16: 338-345
2. Caldwell JW, Crane Cr, Boland GL: Determinant of inter-

- costal motor conduction time in diagnosis of nerve root compression. Arch Phys Med Rehabil 1968; 49: 515-518
3. Johnson ER, Powell J, Caldwell J, Crane C: Intercostal nerve conduction and posterior rhizotomy in the diagnosis and treatment of thoracic radiculopathy. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1974; 37: 330-332
4. Prahan S, Taly A: Intercostal nerve conduction study in man. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1989; 52: 763-766
5. Bastron JA, Thomas JE: Diabetic polyradiculopathy: Clinical and electrodiagnostic findings in 105 patients. Mayo Clin Proc 1981; 56: 725-732
6. Campbell EJM: An electromyographic examination of the role of the intercostal muscles in breathing in man. J Physiol 1955; 129: 12-26
7. Campbell EJM, Green JH: The expiratory function of the abdominal muscle in man. An electromyographic study. J Physiol 1953; 120: 409-418
8. Streib EW, Sun SF, Panstian FE, Gallagher TF, Shipp JC, Eckland RE: Diabetic thoracic radiculopathy: Electrodiagnostic study. Muscle Nerve 1986; 9: 548-553
9. Sun SF, Steib EW: Diabetic thoracoabdominal neuropathy: Clinical and electrodiagnostic features. Ann Neurol 1981; 9: 75-79
10. Taylor A: The contribution of the intercostal muscle to the effect of respiration in man. J Physiol 1960; 151: 390-402
11. Dowson GD: Cerebral response to electrical stimulation of peripheral nerve in man. J Neurol Neurosurg Psychiatr 1947; 10: 134-140
12. Slimp JC, Rubner ML, Stolov WC: Dermatome somatosensory-evoked potentials: cervical, thoracic, and lumbosacral levels. Electroenceph Clin Neurophysiol 1992; 84: 55-70
13. Dreyfuss P, Dumitru D, Buchanan LP: Intercostal somatosensory-evoked potentials. Am J Phys Med Rehabil 1993; 72: 144-150
14. 김윤태, 강세윤, 신병순, 김상범: 흉부대상포진환자의 늑간신경 체성감각유발전위 및 운동 신경 전도검사 소견. 대한재활의학회지 1995; 19: 125-134
15. 김세주, 이명훈: 흉수손상 환자에서의 늑간신경 체성감각유발전위검사의 유용성. 대한재활의학회지 1996; 20: 625-631
16. Chiappa KH: Evoked Potentials in Clinical Medicine, 2nd ed., New York: Raven Press, 1989, pp 371-372