

경직성 뇌성마비 환아에서 선택적 후근 절제술 후의 체성감각 유발전위 변화

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소

박은숙 · 박창일 · 신지철 · 김성우 · 백소영

= Abstract =

Changes of Dermatome Somatosensory Evoked Potentials in the Children with Spastic Cerebral Palsy after Selective Posterior Rhizotomy

Eun Sook Park, M.D., Chang Il Park, M.D., Ji Cheol Shin, M.D.
Seong Woo Kim, M.D. and Soh Young Baek, M.D.

*Department of Rehabilitation Medicine and Research Institute of Rehabilitation,
Yonsei University College of Medicine*

Objective: To evaluate the changes of dermatome SEP (DSEP) in children with a spastic cerebral palsy (CP) after the selective posterior rhizotomy (SPR).

Method: The subjects were 14 spastic CP children, with the age from 3 to 6 years old, who underwent SPR. DSEPs were studied at the L2-3, L4, L5, S1 dermatomes bilaterally, pre and postoperatively. Postoperative DSEPs were interpreted by the changes of latency, amplitude and waveforms.

Results: 1) All children were spastic diplegia except one who was a spastic hemiplegia. 2) Preoperative DSEPs were flat or severely distorted in 40 of 112 waveforms (34.5%). 3) Postoperative DSEP latencies were no change in 39.3%, improved in 17.9%, and worsened in 25.6% respectively. Amplitudes were no change in 30.8%, improved in 38.5%, and worsened in 13.7% respectively. Waveforms were no change in 64.1%, improved in 22.2%, and worsened in 8.5% respectively. There was no statistical difference of postoperative changes of the 3 categories according to the root levels.

Conclusion: The results showed that the preoperative DSEPs were abnormal in 34.5% suggestive the lesions of CP being more widespread than strictly involving the motor system. This study confirmed that the most SEPs unchanged by the SPR. A further study for the relationship of postoperative DSEP changes and clinical findings such as functional impairment would be needed.

Key Words: Cerebral palsy, Dermatome somatosensory evoked potential, Selective posterior rhizotomy, Spasticity

서 론

뇌성마비는 비진행성 뇌신경 조직의 병변에 의한 운동신경의 마비, 약화 및 협동 운동 부전 등의 기능장애와 지능 및 정서 등 중추신경 조직의 기질적 이상을 수반하는 증후군을 말한다. 뇌성마비 환아에서의 운동장애는 불수의 운동이나 운동실조 등의 요인도 있으나, 경직도 중요 요인의 하나이다. 경직의 수술적 치료 방법인 후근 절제술은 Foerster⁷⁾에 의하여 처음으로 창안되었으며, 1978년 Fasano⁵⁾이 경직성 뇌성마비 환아를 대상으로 수술 중 전기자극을 주어서 경직을 유발시키는 신경근을 선택하여 이를 절제하는 방법을 시행하여 경직이 감소되었다고 보고하였다. 그 이후 Peacock와 Arens¹³⁾이 이를 경직성 뇌성마비 환아에 시행하여 모든 환자에서 경직이 감소되었고 운동기능의 향상뿐만 아니라 언어와 손의 기능 향상에도 도움을 준다고 보고하였다.

뇌성마비 환아에서 뇌의 기능을 평가하기 위한 방법으로 이학적 소견, 뇌파 검사, 뇌전산화 단층 촬영 및 자기 공명 영상 등이 이용되고 있으며, 최근 신경 생리 검사로 체성감각, 시각 및 청각 유발전위 검사가 시행되고 있다. 체성감각 유발전위는 말초신경에서 뇌피질에 이르는 신경계를 평가하는 비침습성 방법으로 1987년 Cahan²⁾은 경직성 뇌성마비 환아의 45%에서 비정상적인 체성감각 유발전위 소견이 나타난다고 하였고 선택적 후근 절제술 후 다시 시행한 체성감각 유발전위 검사에서 11명 중 3명에서 체성감각 유발전위가 비정상 파형으로 변했으며, 6명에서는 파형이 좋아졌다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 경직성 뇌성마비 환아에서 피관 체성감각 유발전위(dermatomal somatosensory evoked potential) 소견을 알아보고, 선택적 후근 절제술 후 체성감각 유발전위의 변화 양상을 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1) 연구 대상

1996년 1월부터 1997년 1월까지 연세대학교 세브란스병원에 입원하여 선택적 후근 절제술을 시행한 경직성 뇌성마비 환아 중 수술 전과 후에 피관 체성감각 유발전위 검사를 받은 14명의 환아를 대상

으로 하였다.

2) 연구 방법

검사는 주위 온도가 22°C에서 28°C로 유지되는 조용한 실내에서 시행하였고, 대상 환아에게는 5 cc/kg chloral hydrate 관장을 시행하여 수면상태를 유지하게 한 상태에서 검사를 진행하였다.

근전도 기기는 Saphire premiere기(Medelec Ltd. Surrey, U.K)를 사용하여 각각 제 2~3 요수, 제 4 요수, 제 5 요수 및 제 1 천수 신경근이 분포하는 피관: 전상 장골 극과 경골 상내과를 잇는 선의 중간 부위(L2-3); 경골 하내과와 경골 상내과를 잇는 선의 중간 부위(L4); 제 2 중족부 내측(L5); 제 5 중족부 외측(S1)을 양측에서 자극하였고 유발전위의 기록은 표면전극을 이용하여 활성전극은 Cz, 기준전극은 Fpz 부위에서 시행하였다(Fig. 1).¹¹⁾

기록 소인 속도는 5 msec/division, 기록 감응도는 2 μV/division으로 하였으며 주파수의 폭은 30~1,000 Hz로 하였다. 자극은 5~10 mA의 강도로 1초에 3회

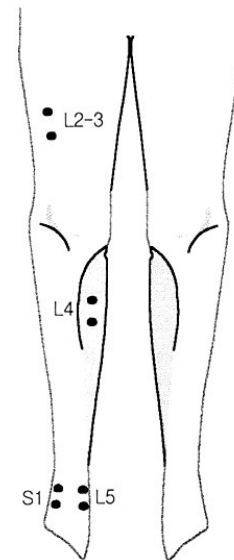


Fig. 1. Stimulation site.

L2-3: Midway on line between anterior superior iliac crest and medial tibial condyle, L4: Midway on line between medial malleolus and medial tibial condyle, L5: Medial second metatarsal, S1: Lateral fifth metatarsal

의 빈도로 각각 250회 자극하여 통합 평균하였고, 이를 3회 반복 시행하여 P₁ 기시점의 잠시, P₁의 정점에서 N₁의 정점까지의 진폭 및 파형의 형태를 분석하였다. 파형의 형태는 3회 반복 시행하는 동안 일정하게 P₁의 기시점, 정점 및 N₁의 정점이 뚜렷한 경우를 normal로 분류하였고, 반복 시행하는 동안 일정하게 측정 가능한 반응은 있으나 P₁의 기시점, 정점 및 N₁의 정점이 뚜렷하지 않은 경우를 distorted로 분류하였으며 측정가능한 반응이 전혀 나타나지 않은 경우를 flat으로 분류하였다.

선택적 후근 절제술 전과 후의 검사 결과를 비교하여 변화가 없는 군(no change), 호전된 군(improved), 악화된 군(worsened)으로 나누었다. 각 군을 나누는 기준은 Lubicky등의 보고를 참조하여 잠시는 수술 후 3 msec 이상 단축되거나 지연된 경우를 각각 호전, 악화된 경우로 하였으며, 진폭은 수술전의 진폭에 비해 그 증가 및 감소가 45.4% 이상인 경우를 각각 호전된 군 및 악화된 군으로 하였고, 증가나 감소가 45.4% 미만인 경우는 변화가 없는 군으로 하였다.¹²⁾

통계 분석은 SPSS program의 ANOVA test를 사용하여 각 군간의 차이와 신경근에 따른 차이를 비교하였다.

결 과

1) 대상의 일반적 특성

뇌성마비 환아의 연령은 3세에서 6세로 평균 4세 8개월이었고, 남아가 5명, 여아가 9명으로 총 14명이었다. 뇌성마비의 임상양상은 경직성 양하지 마비가 13명이었고 경직성 편마비가 1명이었다.

Table 1. Latency and Amplitude of Preoperative Dermatome SEPs¹⁾

Dermatome	Latency(msec)	Amplitude(μV)
L2-3	30.8±5.9	2.9±2.4
L4	36.9±4.6	1.5±1.8
L5	37.5±4.5	1.7±1.8
S1	39.7±4.7	1.0±0.7

Values are mean±S.D.

1. SEPs: Somatosensory evoked potentials

2) 수술 전 체성감각 유발전위 조건

수술 전 시행한 피관 체성감각 유발전위는 제 2, 3 요추부, 제 4 요추부, 제 5 요추부, 제 1 천추부 피관에서 잠시는 각각 30.8±5.9 msec, 36.9±4.6 msec, 37.5±4.5 msec, 39.7±4.7 msec이었고, 진폭은 각각 2.9±2.4 μV, 1.5±1.8 μV, 1.7±1.8 μV, 1.0±0.7 μV이었다(Table 1).

총 112개의 체성감각 유발전위 파형 중 파형의 형태가 normal이었던 경우는 72개로 64.3%, distorted되었던 경우는 28개로 25.0%, flat한 경우가 12개로 10.7%를 보여 35.7%에서 파형의 형태가 비정상 소견을 보였다(Table 2).

3) 수술 후 체성감각 유발전위의 변화

수술 후 시행한 피관 체성감각 유발전위의 각 피관에 따른 잠시를 수술 전의 소견과 비교했을 때 39.3%에서 변화가 없었으며, 17.9%에서 호전되었고

Table 2. Waveform of Preoperative Dermatome SEPs¹⁾

Waveform	Number of cases(%)
Normal	72(64.3)
Distorted	28(25.0)
Flat	12(10.7)
Total	112(100.0)

1. SEPs: Somatosensory evoked potentials

Table 3. Changes of Dermatome SEPs¹⁾ after SPR²⁾

	Number of cases(%)			
	No change	Improved	Worsened	Total
Latency	46(39.3)*	21(17.9)	30(25.6)	97(100.0)
Amplitude	36(30.8)	45(38.5)*	16(13.7)	97(100.0)
Waveform	75(64.1)*	26(22.2)	10(8.5)	111(100.0)

*: p<0.05, No change vs. Improved vs. Worsened by ANOVA

1. SEPs: Somatosensory evoked potentials

2. SPR: Selective posterior rhizotomy

25.6%에서 악화되었다. 진폭은 수술 후 변화가 없었던 경우가 30.8%, 호전된 경우가 38.5%, 악화된 경우가 13.7%이었다. 파형은 64.1%에서 변화가 없었고, 22.2%에서 호전되었으며, 악화된 경우가 8.5%로 잠시와 파형은 수술 후 변화가 없었던 경우가 의미 있게 많았으며, 진폭은 수술 후 호전된 경우가 의미 있게 많았다($p < 0.05$)(Table 3).

4) 신경근 부위 및 신경근 절단 정도에 따른 수술 후 체성감각 유발전위의 변화

수술 전후의 피판 체성감각 유발전위의 잠시, 진폭 및 파형의 변화를 변화가 없었던 경우, 호전된 경우 및 악화된 경우로 나누어 신경근 부위에 따라 비교해 보았을 때 잠시, 진폭 및 파형 모두에서 의

Table 4. Changes of Latency after SPR¹⁾ According to Root Level

Root level	Number of cases(%)			
	No change	Improved	Worsened	Total
L2-3	12(54.5)	4(18.2)	6(27.3)	22(100.0)
L4	11(45.8)	6(25.0)	7(29.2)	24(100.0)
L5	13(50.0)	4(15.4)	9(34.6)	26(100.0)
S1	10(40.0)	7(28.8)	8(32.0)	25(100.0)

No statistical difference according to root level by ANOVA

1. SPR: Selective posterior rhizotomy

Table 5. Changes of Amplitude after SPR¹⁾ According to Root Level

Root level	Number of cases(%)			
	No change	Improved	Worsened	Total
L2-3	10(45.5)	10(45.5)	2(9.0)	22(100.0)
L4	6(24.0)	15(60.0)	4(16.0)	25(100.0)
L5	8(32.0)	12(48.0)	5(20.0)	25(100.0)
S1	12(48.0)	8(32.0)	5(20.0)	25(100.0)

No statistical difference according to root level by ANOVA

1. SPR: Selective posterior rhizotomy

미있는 차이는 없었다(Table 4~6).

신경근의 절단 정도는 수술후 잠시의 변화가 없었던 군에서 65.0±11.6%, 호전된 군에서 68.5±10.2%이었고 악화된 군에서는 64.2±17.2%로 각 군간에 의미있는 차이는 보이지 않았다. 진폭의 변화가 없었던 군에서 신경근의 절단 정도는 68.2±9.9%, 호전된 군에서 62.8±15.5%이었고 악화된 군에서는 67.3±12.4%로 각 군간에 의미있는 차이는 보이지 않았다. 파형의 변화가 없었던 군에서 64.7±14.4%, 호전된 군에서 68.5±10.2%이었고 악화된 군에서는

Table 6. Changes of Waveform after SPR¹⁾ According to Root Level

Root level	Number of cases(%)			
	No change	Improved	Worsened	Total
L2-3	19(70.4)	6(22.2)	2(7.4)	27(100.0)
L4	20(71.4)	5(17.9)	3(10.7)	28(100.0)
L5	17(60.7)	9(32.1)	2(7.1)	28(100.0)
S1	19(67.9)	6(21.4)	3(10.7)	28(100.0)

No statistical difference according to root level by ANOVA

1. SPR: Selective posterior rhizotomy

Table 7. Percentage of Severed Rootlets According to Changes of SEPs¹⁾

		Percentage of severed rootlets
Latency	No change	65.0±11.6
	Improved	68.5±10.2
	Worsened	64.2±17.2
Latency	No change	68.2±9.9
	Improved	62.8±15.5
	Worsened	67.3±12.4
Waveform	No change	64.7±14.4
	Improved	68.5±10.2
	Worsened	64.2±17.2

Values are mean±S.D.

No statistical difference according to changes of amplitude by ANOVA

1. SEPs: Somatosensory evoked potentials

64.2±17.2%로 각 구간에 의미있는 차이는 보이지 않았다(Table 7).

고 찰

뇌성마비는 그 원인, 뇌병변의 양상 및 증상 등이 다양하게 나타나는 질환으로 운동신경의 마비, 약화 및 협동운동부전에 의해 나타나는 자세의 이상 및 운동 조절 기능 장애가 주로 강조되어 왔으나 감각계의 이상과 이로 인한 이차적 기능의 저하도 간과할 수 없는 부분이다. 1987년 Cahan등이 경직성 뇌성마비 환자 20명을 대상으로 한 연구에서 비정상 체성감각 유발전위소견이 45%에서 관찰되었다고 보고²⁾한 이후 뇌성마비 환아에서 감각계 이상의 동반에 대한 임상적 연구^{10,14,15)}들이 있다. 1993년 Lesny 등¹⁰⁾이 220명의 뇌성마비 환아를 대상으로 TPD(Two-point discrimination) 검사를 시행하여 모든 환자에서 비정상이었다고 보고했으며, Yekutiell등¹⁵⁾은 뇌성마비 환자의 51%에서 입체인지(stereognosis)가 감소되어 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 선택적 후근 절제술 전에 시행한 피판 체성감각 유발전위 검사 결과 34.5%에서 파형의 형태가 이상 소견을 나타냈으며 이러한 결과는 뇌성마비에서 감각신경계의 이상을 동반한다는 연구들을 간접적으로 뒷받침하는 결과라고 할 수 있겠다. 그러나 소아에서 피판 체성감각 유발전위의 잠시 및 진폭에 대한 정상치가 알려지지 않아 파형의 형태만으로 이상소견을 판정했다는 점에서 본 연구의 제한점이 있다고 할 수 있겠다. 따라서 정상 소아들을 대상으로 피판 체성감각 유발전위의 정상치를 측정하여 이를 기준으로 잠시 및 진폭에 대해서도 정상과 비정상 판단을 하게 된다면 좀더 객관적인 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각되며 추후 이루어져야 할 연구 중의 하나로 생각된다.

뇌성마비 환아들에서 나타나는 균형 및 자세 유지의 장애와 보행장애는 뇌성마비 자체로 인한 운동기능의 약화, 불수의 운동, 운동실조 및 협동운동부전에 의한 것이기도 하지만 경직도 중요한 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 초기에 Foerster⁷⁾에 의해 시행된 척수 후근 절제술은 경직 감소에는 효과적이었으나 감각 손실의 부작용 때문에 보편화 되지 못하다가 Fasano등⁵⁾이 근전도기를 이용한 선택적

후근 절제술을 시행한 후 감각 손실 등의 부작용 없이 경직의 감소 및 운동 기능의 향상을 가져왔다고 보고하였고 그 이후 선택적 후근 절제술은 경직성 뇌성마비의 한 치료법으로 보편화되었다. 그러나 선택적 후근 절제술 후에 장기 추적 관찰한 결과에 따르면 Fasano등⁶⁾은 5%의 환자에서 감각저하가 있었다고 보고했고, Laitinen등⁹⁾은 약 22%에서 경미한 감각저하를 호소한다고 보고한 바 있으며, Peacock 등¹³⁾과 박등¹⁾은 감각저하의 합병증은 없었다고 보고하여 선택적 후근 절제술 후의 감각저하는 예상한 것과는 달리 경미하거나 거의 없는 것으로 알려져 왔다. 본 연구에서도 선택적 후근 절제술 후 14명의 환아 모두에서 임상적으로 감각저하 소견이 관찰되지 않아 위의 결과와 일치하였다.

선택적 후근 절제술은 척수 후근의 신경근 가지(rootlets)를 절제하는 수술이므로 수술 후에는 피판 체성감각 유발전위가 유발되지 않거나 파형이 나빠질 것이라고 예상하였으나 오히려 수술 후의 체성감각 유발전위 소견이 수술 전에 비해 호전된 예가 관찰되었으며 잠시, 진폭, 파형이 각각 17.9%, 38.5%, 22.2%에서 호전되는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 Cahan등²⁾이 경직성 뇌성마비 환아를 대상으로 선택적 후근 절제술 시행 전과 후에 체성감각 유발전위를 비교한 연구에서 총 11명의 뇌성마비 환자 중 6명의 환자에서는 수술 후에 시행한 체성감각 유발전위의 파형이 수술 전보다 더 좋아졌다고 보고한 내용과 일치하는 결과이다.

또한 전기자극(CCS: Chronic cerebellar stimulation),^{4,8)} 약물 치료³⁾로 경직을 완화시킨 후에 시행한 체성감각 유발전위가 이러한 치료 전보다 더 좋아졌다는 연구들은 선택적 후근절제술 후의 체성감각 유발전위 소견이 호전될 수도 있음을 뒷받침해 주고 있다. 그러나 이러한 결과를 설명할 수 있는 기전은 아직 뚜렷하지 않다. 다만 이런 여러 가지 시술의 공통점이 경직을 완화시켰다는 점에서 경직의 완화와 신경생리학적 변화와의 연관성도 고려해 볼 수 있겠다. 본 연구에서는 수술 후 진폭이 호전된 경우가 의미있게 많았는데 이러한 결과에 대해서는 수술 후 경직이 완화됨으로써 체성감각 유발전위 검사시에 전기적 잡음이 수술 전에 비해 감소하면서 상대적으로 진폭의 증가가 나타날 수 있었다고 생각된다.

본 연구의 전반적인 결과를 볼 때 Cahan등²⁾의 연

구에서와 같이 선택적 후근절제술 후의 체성감각 유발전위의 변화가 어느 일정한 양상을 보이고 있지 않으며, 신경근을 절단한 정도 및 절단한 신경근 부위에 따른 차이도 보이지 않았다. 이처럼 선택적 후근절제술 후에 시행한 체성감각 유발전위의 변화가 개체에 따라 다양하게 나타난 원인을 임상적 양상, 선택적 후근절제술 후 경직 감소의 정도, 감각 기능의 변화 및 운동 기능 향상 정도 등과 연관시켜 봄으로써 체성감각 유발전위 변화의 다양성에 대한 기전을 규명하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결 론

경직성 뇌성마비 환아들을 대상으로 시행한 피관 체성감각 유발전위 검사에서 선택적 후근 절제술 전에도 상당한 수에서 비정상 소견을 보였고 선택적 후근 절제술 후에는 호전, 변화 없음, 악화 등의 다양한 변화를 보였다. 따라서 향후 임상적 양상, 선택적 후근절제술 후 경직 감소의 정도, 감각 기능의 변화 및 운동 기능 향상 정도에 따라 선택적 후근 절제술 후의 피관 체성감각 유발전위의 변화를 분석해 봄으로써, 이러한 다양한 피관 체성감각 유발전위의 변화에 대한 기전을 설명할 수 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1) 박창일, 박은숙, 이동수, 최중언: 뇌성마비환아에서 선택적 후근 절제술의 효과. 대한재활의학회지 1993; 17: 105-111
 2) Cahan LD, Kundi MS, McPherson D, Starr A, Peacock W: Electrophysiologic studies in selective dorsal rhizotomy for spasticity in children with cerebral palsy. Appl Neurophysiol 1987; 50: 459-462
 3) Cartier L, Castillo JL, Verdugo R: Effect of the nucleus CMP forte in 46 patients with progressive

spastic paraparesis. Randomized and blind study. Rev Med Child 1996; 124: 583-587
 4) Cooper IS, Upton AR, Rappaport ZH, Amin I: Correlation of clinical and physiological effects of cerebellar stimulation. Acta Neurochir 1980; 30: 339-344
 5) Fasano VA, Broggi G, Bardat-Romana G, Sguazzi A: Surgical treatment of spasticity in cerebral palsy. Child's Brain 1978; 4: 289-305
 6) Fasano VA, Broggi G, Zeme S, Lo Russo G, Sguazzi A: Long term results of posterior rhizotomy. Acta Neurochir(Suppl) 1980; 30: 435-439
 7) Foerster O: On the indications and results of the excision of posterior spinal roots in men. Surg Gyn Obst 1913; 5: 463-474
 8) Harris GF, Millar EA, Hemmy DC, Lochner RC: Neuroelectric stimulation in cerebral palsy: long-term quantitative assessment. Stereotact Funct Neurosurg 1993; 61: 49-59
 9) Laitinen LV, Nilsson S, Fugl-Meyer AR: Selective posterior rhizotomy for treatment of spasticity. 1983; 58: 895-899
 10) Lesny I, Stehlik A, Tomàsek J, Havlicek I: Sensory disorders in cerebral palsy: Two-point discrimination. Dev Med Child Neurol 1993; 35: 402-405
 11) Liveson JA, Ma DM: Laboratory reference for clinical neurophysiology, Philadelphia: FA Davis, 1992, pp 317-323
 12) Lubicky JP, Spadaro JA, Yuan HA, Frederickson BE, Henderson N: Variability of somatosensory evoked potential monitoring during spinal surgery. Spine 1989; 14: 790-796
 13) Peacock WJ, Arens LJ, Berman B: An assessment of selective posterior rhizotomy as a procedure for relieving spasticity in cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1987; 29: 22
 14) Van Heest AE, House J, Putnam M: Sensibility deficiencies in the hand of children with spastic hemiplegia. J Hand Surg 1993; 18: 278-281
 15) Yekutieli M, Jariwala M, Stretch P: Sensory deficit in the hands of children with cerebral palsy: A new look at assessment and prevalence. Dev Med Child Neurol 1994; 36: 619-624