

경피신경자극치료와 경직억제기술이 뇌성마비의 경직에 미치는 효과

김원호
연세대학교 대학원 재활학과 물리치료전공

Abstract

Effects of TENS and Inhibitive Techniques on Spasticity in Cerebral Palsy: A Single-Subject Study

Kim Won-ho, B.H.Sc., R.P.T.

Dept. of Rehabilitation, The Graduate school, Yonsei University

An A-B-A-C single subject research design was used to assess the effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS) and inhibitive techniques on spasticity in a 10-year-old girl with cerebral palsy. Stimulation electrodes were placed over the sural nerve of the right leg. The standard method of cutaneous stimulation, TENS with impulse frequency of 100 Hz, was applied. Inhibitive techniques including stretch, antagonist contraction, and weight bearing were used. The tonus of the leg muscle was measured by means of a surface-EMG biofeedback unit. Visual analysis of data indicate that the child showed clinically significant reduction of spasticity in passive ankle movement following 30 minutes of TENS and inhibitive techniques application, respectively. The effect of TENS on spasticity inhibition was similar to that of inhibitive techniques. This result suggests that for this child with cerebral palsy, the application of TENS to the sural nerve may induce short-term post-stimulation inhibitory effects on the spasticity of cerebral palsy. Replication of this study with a more complex single-subject design involving more subjects is recommended to confirm this result.

Key Words: TENS; Inhibitive techniques; Spasticity.

I. 서론

경직(spasticity)이란 상위운동신경원 중후군으로 신전에 대해 과도한 심부반사를 일으키고, 수동적 신전 속도에 민감하게 의존하는 특징을 가진 운동장애이다(Lance, 1980). 이것은 뇌성마비, 뇌졸중, 외상성 뇌손상과 척수손상, 다발성경화증 등에 흔히 나타나는 증상이다. 경직에 대한 기전은 완전히 밝혀지지 않았지만, 길항근 억제신경로(inhibitive nerve pathways)로부터의 입력 손실이 원인 중의 하나이다.

일반적으로 움직임은 주동근 활성화와 길항근 억제로 일어난다. 그러나, 경직이 있는 환자가 움직이려 할 때 주동근과 길항근 모두 활성화가 일어난다. 근긴장도와 신전에 대한 저항의 증가는 결국 기능적 활동을 약화시키는 원인이 된다(Carr 등, 1995). 이러한 경직이 기능적 활동에 미치는 영향은 근육의 수의적인 활동, 보행과 균형유지, 움직임, 그리고 언어에 좋지 않은 영향을 준다. 또한 지속적인 경직은 통증과 관절의 구축을 유발하고 성생활, 배뇨기능 등을 어렵게 한다(이충휘, 1997). 뿐만아니라 옷입기, 글쓰기 등의 일상생활동작을 방해한다(Awad 등, 1988). 특히 아동에 있어서 경직은 비정상적인 운동패턴을 습관화하거나 정상적인 움직임을 방해하는 요소이다(Bobath, 1964).

Abercrombie(1968)과 Rosenbloom(1975)은 아동의 능동적인 운동능력의 제한은 인지능력의 발달을 지연시키며 모든 지적능력도 저해한다고 한다.

지금까지 경직의 속성(nature)에 대한 이해는 미흡하여, 결과적으로 효과적인 치료가 힘들다. 경직을 억제하기 위한 물리치료는 널리 알려진 신전운동, 근전도 또는 청각, 시각을 이용한 생체 되먹임(Delisa 등, 1988), 냉치료(Price 등, 1993), 그리고 전기자극 치료 등이 있다. 또한, 경직억제를 위한 약물들은 Baclofen, Diazepam, Dantrolene Sodium이 널리 알려져 있다. 그러나 약물치료는 졸림,

무기력 또는 언어장애를 유발하는 부작용이 있다(Katrak 등, 1992). 특히 아동에게는 더욱 그러하다(Delisa, 1988).

최근에는 전기자극 치료 중에서 경피신경자극을 이용한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 경피신경자극치료는 통증을 조절하는 용도(Jette, 1986; Leo 등, 1986; Simomond 등, 1992; Walsh 등, 1995)뿐만아니라 척수손상에 의한 경직을 억제하는데 효과적이다(Bajd 등, 1985; Goulet 등, 1996; Petajan 등, 1987). Levin 등(1992)에 의하면 온종아리 신경(common peroneal nerve)위에 반복적으로 경피신경자극 치료를 한 결과 편마비환자의 근육 기능이 증가하고 반사조절 능력이 증가하였다. 또한 Potisk 등(1995)은 경피신경자극 치료를 장딴지 신경(sural nerve)위에 적용한 결과 치료후 45분간 경직억제 효과가 지속됨을 보고하였다. 경직을 억제하기 위한 전기적 치료는 주로 경직이 있는 성인을 대상으로 실시되었다. 그러나 아직 뇌성마비 아동을 대상으로 경직을 억제하기 위한 연구는 이루어지지 않고 있다.

이 연구의 목적은 경직이 있는 뇌성마비 아동을 대상으로 경피신경자극치료가 경직억제에 미치는 효과를 알아보고, 일반적으로 물리치료가 시행하는 신전운동 등의 경직억제기술의 효과와 비교하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 현재 10년 7개월 된 경직형 사지 뇌성마비 여아이다. 발달 장애로 인해 물리치료를 10개월 전부터 받고 있는 중이다. 현재 이 아동의 발달 정도는 독립적인 앉기와 네발 기기가 가능하다. 임상적 평가를 할 때, 발목 관절의 경직 정도는 신전 반사가 증가된 상태이고 Tendon Tap Test의 결과는 4등급이었다. 이 검사의 등급은 1) 저긴장(hypotonia) 2) 정상(normal) 3) 고긴장(hyper

tonia) 4) 간대경련(clonus) 5) 지속적인 간대 경련(sustained clonus)으로 나누어진다. MAS(Modified Ashworth Scale)평가 등급은 G2/G2 이다(표1). 이 아동은 평소 휴식

상태에서는 활동이 거의 없고 해로운 자극이 있을 때만 반응을 나타낸다. E - LAP 인지 검사 결과는 9개월이다. 경직 감소를 위해 약물을 사용한 경험이 없다.

표1. 발목 관절의 경직 정도 검사 결과

평가 항목	결과
발목관절 신전 반사 Tendon Tap Test Modified Ashworth Scale	향진된 상태 (++) 4 등급 (with clonus) G2 / G2

2. 연구과정 및 내용

본 연구는 사례 연구 방법 중에서 A-B-A-C 실험설계에 의해 1차 기초선, 경피신경 자극 치료(B), 2차 기초선, 경직 억제 기법 치료(C) 과정을 거쳐 실험하였다. 기초선은 치료 없이 발목관절에 수동적 관절운동을 연속적 5회 반복 할 때의 경직 정도를 측정하고, 치료 기간에는 치료후 1분, 5분, 15분 간격으로 수동적 관절운동을 연속 5회 실시 할 때의 경직 정도를 측정한다. 기간은 총 11일로 각각의 단계는 3일씩이다. 단, 2차 기초선의 기간은 2일로 한다. 연구 과정의 순서 및 내용은 다음과 같다.

1) 1차 기초선

가. 1일 측정 횟수는 2회로 3일 동안 적용하여 총 6회(3x2)를 측정하였다.

나. 처음 측정후, 2차 측정은 2시간 후 실시하였다.

다. 발목관절에 수동적 관절운동을 연속적 5회 실시할 때의 경직 정도를 surface-EMG를 이용해 평균값을 기록하였다.

라. 측정 방법은 아래 기술한 사항(4. 측정 방법)에 따라 실시하였다.

2) 치료(B)

가. 1일 측정 횟수는 2회로 3일 동안 실시하여 총 6회(3x2)를 측정하였다.

나. 처음 경피신경자극치료를 적용후 2차 적용은 2시간후 실시하였다.

다. 경피신경자극치료를 30분 적용한 후 1분, 5분, 15분 간격으로 발목관절에 수동적 관절운동을 연속적 5회 실시 할 때의 강직 정도를 surface-EMG를 이용해 평균값을 기록하였다.

라. 측정 방법은 아래 기술한 사항(4. 측정 방법)에 따라 실시하였다.

3) 2차 기초선

1차 기초선과 동일하게 측정한다. 단, 측정 기간은 2일 동안 총 4회 실시하였다.

4) 치료(C)

가. 이 시기의 기간, 적용횟수, 치료시간, 측정방법은 치료(B)와 동일하게 적용하였다.

나. 치료 방법은 경직 억제를 위해 임상적으로 사용되어지는 신전운동, 체중부하, 길항근수축(antagonist contraction)을 교대로 30분을 적용하였다.

다. 측정 방법은 아래 기술한 사항(4. 측정 방법)에 따라 실시하였다.

3. 측정도구 및 치료기계

1) 측정기구: Surface-EMG(davicon neuromuscular system/ 3)이고, 이 중 biofeedback train protocol을 이용해 측정하였다.

2) 치료 기구

가. 경피신경자극치료기(ENS-911)를 아동이 바로누운 상태에서 30분간 적용하였다.

나. 치료 환경설정은 주파수는 100 Hz, 강도는 가시적 근수축이 없는 상태, 파장은 0.2 msec, 진폭은 0-100 V를 사용하였다.

다. 전극 배치: 장딴지 신경을 자극하기 위해 양극은 가측 복숭아뼈 수준에 놓고, 음극은 양극으로부터 8 cm위에 위치하게 배치하였다.

4. 측정방법

1) 측정자세 : 등받이가 135° 뒤로 기울어지게 하였고, 무릎관절을 45° 구부리게 하였으며, 발목관절은 편안하게 유지하게 하였다. 그리고 발이 바닥에서 5 cm 떨어진 높이를 가진 의자에 아동을 앉게 하였다.

2) surface-EMG 전극과 피부를 매회 실시할 때마다 알콜을 이용해 깨끗하게 닦아주었다.

3) 전극 배치 방법 : surface-EMG 전극을

장딴지근과 가자미근의 근육뭉뚱(muscle belly)중간 부위에 놓았고, 일정한 위치 전극을 부착하기 위해 무릎관절로부터 4 cm 떨어진 곳에 부착점을 표시하였다.

4) 수동관절운동 범위 및 시간 : 수동관절운동범위는 발바닥쪽 굽힘 10°, 등쪽 굽힘 15° 로 제한하였다. 그리고 발바닥쪽 굽힘 10°, 등쪽 굽힘 시간은 각각 5초씩 적용하여 1회 실험 시간은 총 50초(10초 X 5회 반복)를 적용하였다.

5) 기록 방법: 발목 관절에 수동적 관절운동을 연속적으로 5회 실시할 때의 평균값을 채택하였다.

III. 연구 결과

뇌성마비 아동을 대상으로 경직 억제를 위해 두 가지 치료기법을 적용한 결과는 표1과 표2와 같다.

표1. 기초선의 EMG 활동 정도

(단위: mV)

측정 구분	측정횟수					
	1차	2차	3차	4차	5차	6차
1차 기초선	954.8	978.8	892.3	923.7	954.3	978.6
2차 기초선	979.8	878.2	958.6	911.7		

표2. 경직 억제 치료 할 때의 EMG 활동 정도

(단위: mV)

구분	측정	측정횟수				
		1차	2차	3차	4차	5차
경피신경 자극치료	1분후	668.7	786.1	692.3	754.1	771.0
	5분후	958.8	818.1	880.8	840.2	900.1
	15분후	967.6	902.2	938.6	890.8	911.2
경직억제 기술	1분후	796.3	589.8	682.6	750.4	880.6
	5분후	923.1	717.9	855.1	880.5	893.0
	15분후	890.7	924.6	870.2	934.7	930.4

1차기초선의 평균값은 947.0 mV 였다. 경 1차 기초선보다 낮았다. 2차 기초선의 평균값 피신경자극 치료를 적용후 1분(734.4 mV), 5 은 932.1 mV) 였고, 경직억제기술을 적용후 분(879.7 mV), 15분(922.1 mV)의 평균값이 1분(739.9 mV), 5분(853.9 mV), 15분(910.1

nV)의 평균값은 2차 기초선보다 낮았다. 지 용후 1분후에 가장 낮았고 15분후는 기초선 속성을 보면 두 기법에 관계없이 치료를 적 에 가까운 측정치를 나타내었다(그림1).

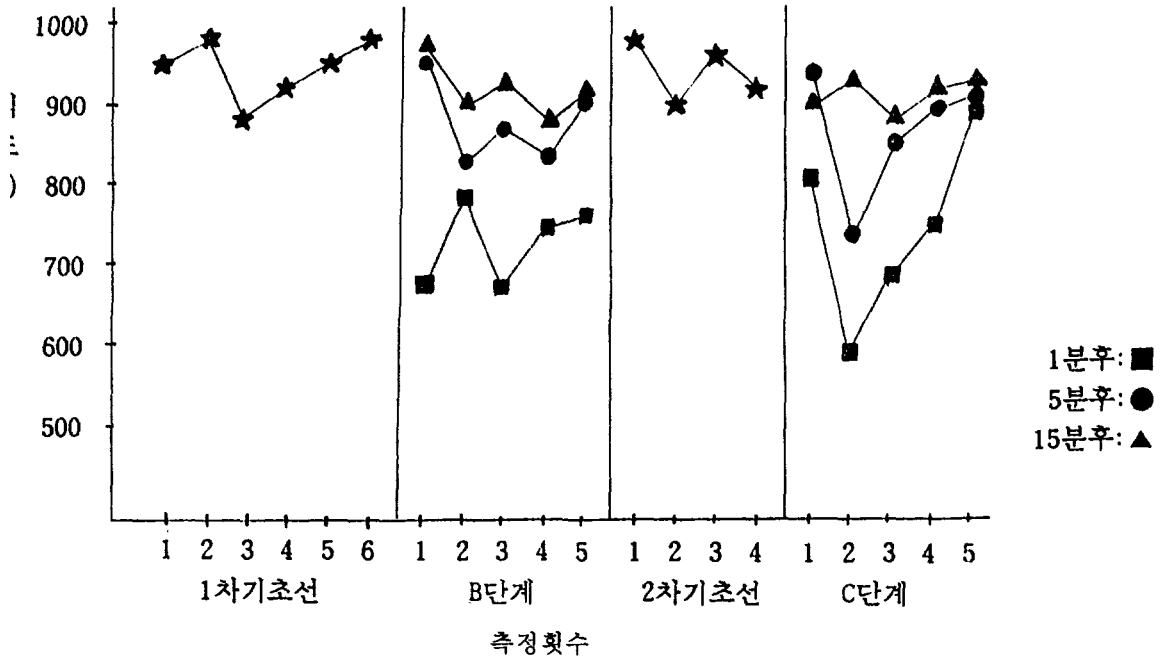


그림1. 단계별 경직의 정도

경피신경자극 치료를 적용한후 경직 수치의 최저값은 1차 측정에서 1분후(668.7 mV)이고 최대값은 1차 측정에서 15분 후(967.6 nV)이다.

뇌성마비 아동의 발목 관절 경련을 감소시키는데 있어서 경피신경자극 치료의 효과는 기초선보다 1분후는 22.7%를 감소시켰고, 5분후는 7.2% 감소를 나타내었다. 그리고 15분후는 3% 감소시켰다. 경직억제기술은 2차 기초선보다 1분후는 21% 감소시켰고, 5분후는 8.4% 감소를 나타내었고, 15분후는 2.4%를 감소시켰다.

IV. 고찰

본 연구는 경직을 객관적으로 정량화하기

위해서 surface-EMG(davicon neuromuscular system/ 3) 프로그램 중에서 biofeedback train protocol을 이용해 측정했다. 경직을 측정하는 도구들은 많이 존재한다. 경직의 심각성을 등급화 한 Ashworth 척도는 임상적으로 쉽게 사용할 수 있고, 또한 측정자간 신뢰도(.85)가 높다(Bohannon 등, 1987). 하지만 이 측정은 단지 주관적이고 질적인 정보만을 제시하고, 또한 미세한 경직의 변화를 감지 할 수 없다(Katz 등, 1992). 진자 검사(pendulum test)는 신뢰 할 만하다고 여러 연구에서 보고된다(Bohannon, 1987; Katz 등, 1989). 그러나 이 검사의 단점은 불사용(disuse)에 의한 근육조직의 역학적인 변화에 영향을 많이 받는다. 또한 이 검사는 하지의 넙적다리 네갈래근에만 적용이 가능하다. 경직 측정을 위한 간접적인 방법으로 기능과

수행 정도를 검사하는 것들이 있으나 경직은 손상(impairment)일뿐이지 장애(disability)가 아니므로 적절한 측정이 아니다(Haas, 등, 1995). 근전도를 이용한 측정은 전극의 배치 위치에 따라 영향을 많이 받는다. 본 연구에서는 전극배치에 따른 영향을 최소화하기 위해 무릎관절로부터 4 cm 떨어진 부위에 부착점을 표시하였다.

본 연구에서 뇌성마비 아동을 대상으로, 경직을 억제하기 위해서 경피신경자극 치료를 장딴지 신경에 적용한 결과 경직이 감소되었다. 이 결과는 Potisk 등(1995)이 연구한 결과와 일치한다.

이들은 편마비 환자를 대상으로 경피신경자극 치료를 장딴지 신경 위에 적용한 결과 치료후 45분간 경직억제 효과가 지속됨을 보고하였다. 또한 Levin 등(1992)에 의하면 온종아리 신경(common peroneal nerve)위에 반복적으로 경피신경자극 치료를 한 결과 편마비환자의 경직이 감소하고, 근육 기능이 증가하고 그리고 반사조절 능력이 증가하였다. Bajd 등(1985)은 편마비 환자에게 경피신경자극 치료를 L2-L4 피부분절(dermatome)에 적용한 결과 무릎 펴짐근의 경직이 감소됨을 보고하였다.

뇌성마비 아동을 대상으로 경직을 감소시키기 위한 최근의 방법은 물리치료, 보조기, 신경학적 수술 등이 사용된다. 물리치료에는 신경발달학적 접근(Chakerrian 등, 1993; Kluzik 등, 1990) 과 지속적인 신전운동(Carey, 1990; Odeen, 1981) 등이 경직 감소에 효과가 있다. 신경학적인 수술은 척수 신경의 잔뿌리(rootlets)를 선택적으로 절단함으로써 비정상적인 신호를 차단하는 것이다. Ortman 등(1995)은 신경 절제수술후 지속적인 물리치료가 중요하다고 했다. 본 연구에서는 사례 연구 방법 중에서 A-B-A-C 실험설계를 이용하여 경피신경자극 치료법과 경직을 억제하는 물리치료적 기법간의 상대적인 효과를 비교했다. 경피신경자극 치료와 경련억제 기교는 비슷한 결과를 보였다.

경피신경자극 치료가 경직을 억제하는 기전은 아직 명확하지 않다. 경직을 가진 근육에서는 연접이전 억제(presynaptic inhibition)가 부족하고, 신경원간의 활동이 비정상적이다(Young, 1988). 경피신경자극 치료는 근육의 연접이전 억제를 높여주기 때문에 경직을 부분적으로 감소시킬 수 있었을 것이다(Levin 등, 1992).

V. 결론

경직은 손상된 근육의 불수의적 수축이 특징이며, 중추신경계 손상 환자의 재활에 중요한 문제를 유발한다(Awad 등, 1988). 뇌성마비 아동을 대상으로 경피신경자극 치료를 적용한 결과는 일시적으로 경직을 억제하는 효과가 있었다. 이 치료 적용 후 즉시 다른 치료 기법들, 예를 들면 관절가동범위 운동, 보행 등의 기능훈련을 하는데 도움이 될 것이다. 앞으로의 연구는 경피신경자극치료를 장시간 적용한후 측정시간을 길고 다양하게 하여 적용하여 효과를 확인해야 할 것이다.

인용문헌

- 이충휘. 물리치료학. 정담. 1997.
Abercrombie MLJ. Some notes on spatial disability: movement, intelligence quotient and attentiveness. Dev Med Child Neurol. 1968;10:206-213.
Awad EA, Dykstra D. Treatment of spasticity by neurolysis. In: Kottke FJ, Lehmann FJ, ed. Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation. Saunders; 1988.
Bajd T, Benko H, Voldovnik L, et al. Electrical stimulation in treatment spasticity resulting from spinal cord

- injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985; 66:515-517.
- Bobath B. Facilitation of normal postural reactions and movements in the cerebral palsy. *Physiotherapy.* 1964;50: 246-252.
- Bohannon RW, Smith MB. Intrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther.* 1987;67:206-207.
- Bohannon RW. Variability and reliability of the pendulum test for spasticity using a Cybex II isokinetic dynamometer. *Phys Ther.* 1987;67:659-661.
- Carey JR. Manual stretch: Effect on finger movement control and force control in stroke subjects with spastic extremity finger flexor muscles. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71:888-894.
- Carr JH, Shepherd RB, Ada L. Spasticity: Research findings and implications for intervention. *Physiotherapy.* 1995;81: 421-445.
- Chakerrian DL, Larson MA. Effects of upper extremity weight bearing on hand opening and prehension patterns in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1993;35:216-229.
- Delisa JA. *Rehabilitation Medicine.* 1988.
- Goulet C, Arsenault AB, Bourbonnais D, et al. Effects of transcutaneous electrical stimulation on H-reflex and spinal spasticity. *Scand J Rehab Med.* 1996;28:169-176.
- Jass BM, Crow JL. Towards a clinical measurement of spasticity? *Physiotherapy.* 1995;81:474-478.
- Lette DU. Effect of different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation on experimental pain. *Phys Ther.* 1986;66:187-190.
- Łatrak PH, Cole AMD, Poulos CJ, et al. Objective assessment of spasticity, strength, and function with early exhibition of dantrolene sodium after cerebrovascular accident. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73:4-9.
- Katz RT, Rymer WZ. Spastic hypertonia: Mechanisms and measurement. *Arch Phys Med Rehabil.* 1989;70:144-155.
- Katz RT, Rovai GP, Rymer WZ. Objective quantification of spastic hypertonia: Correlation with clinical findings. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73:330-347.
- Kluzik J, Feters L, Coryell J. Quantification of control: A preliminary study of effects of neurodevelopmental treatment on reaching in child with spastic cerebral palsy. *Phys Ther.* 1990; 70:65-76.
- Lance JW. The control of muscle tone, reflex, and movement. In: Wartenberg R, ed. *Neurology.* 1980:1303-1313.
- Leo KC, Dostal WF, Eldrider VL et al. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation characteristics on clinical pain. 1986;66:200-205.
- Levin MF, Hui-Chan CWY. Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor function. *Electroenceph Clin Neurophys.* 1992;85: 131-142.
- Odeen I. Reduction of muscular hypertonus by long-term muscle stretch. *Scand J Rehabil Med.* 1981;13:93-99.
- Ortman MR, Hendricks-Ferguson VL. Selective dorsal rhizotomy to decrease spasticity in cerebral palsy. *AORN J.* 1995;61:514-518.
- Petajan JH. Sural nerve stimulation and motor control tibialis anterior muscle in spastic paresis. *Neurology.* 1987;37:42-52.
- Potisk KP, Gregoric M, Vodovnik L.

- Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity in patient with hemiplegia. *Scand J Rehab Med.* 1995;27:169-174.
- Price R, Lehmann JF, Boswell-Bessette A, et al. Influence of cryotherapy on spasticity at the human ankle. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74:300-304.
- Rosenbloom L. The consequence of impaired movement- an hypothesis and review. In: Holt KS, ed. *Movement and child development.* London, Philadelphia. 1975.
- Simmonds M, Wessel J, Scudds R. The effect of pain quality on the efficacy of conventional TENS. *Physiotherapy Canada.* 1992;44:35-40.
- Walsh DM, Forter NE, Baxter GD et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation: Relevance of stimulation parameters to neurophysiological and hypoalgesic effects. *Am J Phy Med Rehabil.* 1995;74:199-206.
- Young RR. The physiology of spasticity and it's response to therapy. In: Penn RR, ed. *Neurological application of implanted drug pump.* New York, The New York of Science; 1988:146.