

신경근전기자극에 의한 H 반사의 변화

동신대학교 대학원 물리치료학과 · 동신대학교 물리치료학과¹⁾

이 정 우 · 김 태 열¹⁾

The Change of H Reflex by Neuromuscular Electrical Stimulation

Lee Jeong-Woo, P.T., Kim Tae-Youl, P.T., Ph.D¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Dongshin University

Dept. of Physical Therapy, College of Oriental Medicine, Dongshin University¹⁾

-ABSTRACT-

The purpose of this study was to determine whether neuromuscular electrical stimulation(NMES), applied over the antagonist or the agonist, would alter the H reflex. Attention was focused on the roles of stimulus location. We used normal eight subjects without neuromuscular disease which were divided into 3 groups; the subjects were divided into group of antagonist, agonist, antagonist-agonist. All groups were consisted of eight subjects. Neuromuscular electrical stimulation was administered for 15 minutes. All subjects were subjected to three tests, including a pre-test, post-test and post-20 minute test. The data were analyzed by repeated measures ANOVA and paired t-test.

The results were as follows;

1. H latencies were significantly increased in agonist and antagonist-agonist group ($p < .01$).
2. H/M intervals were significantly increased in agonist and antagonist-agonist group ($p < .01$).
3. H amplitudes were significantly increased in agonist ($p < .001$) and antagonist-agonist group ($p < .01$).
4. H/M ratios were significantly decreased in agonist and antagonist-agonist group ($p < .01$). In agonist group, H-reflex amplitudes and H/M ratios were more significantly decreased than antagonist group.

Future studies will need to determine what influence NMES may have on the excitability of spinal motor neurons in people having UMN syndrome.

Key word : Neuromuscular Electrical Stimulation, H reflex, Spasticity, Motor neuron

I 서 론

운동신경원의 흥분성(excitability) 증가는 경직(spasticity)의 원인으로 알려져 왔으며(Ashby et al. 1987), 경직성 과긴장증(spastic hypertonia)에서 발견되는 반사역치(reflex threshold)의 감소는 운동신경원의 흥분성 증가와 관련되어져 왔다(Sax & Johnson 1980). 과도한 근 긴장은 뇌졸중, 척수손상, 외상성 뇌 손상, 다발성 경화증, 뇌성마비와 같은 환자들의 운동기능을 방해하며(Kuen-Horng et al. 2001), 근 긴장도와 신전에 대한 저항의 증가는 결국 기능적 활동을 약화시키는 원인이 된다(Carr et al. 1995).

운동신경원의 흥분성은 특정한 약물이나 물리적 자극에 의하여 변화를 가져 올 수 있다고 알려져 있다. 약물로는 baclofen 등 (Orsnes 2000)이 있고, 물리적 자극으로는 냉 치료(Bell & Lehmann 1987), 압박(Leone & Kakulka 1988), 근육타진(Belanger 1989), 마사지(Sullivan et al. 1991), 전기자극(Bajd et al. 1985, Levin & Hui-Chan 1992), 진동(Sabine 1999)과 신장(Avela et al. 1999) 등이 사용되고 있다. 근 경직에 대한 전기자극의 효과는 1871년 Duchenne에 의해 최초로 보고되었으나, 현대적 개념의 전기자극을 이용한 근 경직의 조절은 Levine 등 (1952)에 의하여 이루어 졌다. 전기자극이 중추신경계 병변에 의한 근 경직의 변화에 미치는 효과에 대한 연구로 Baker 등 (1979)은 편마비 환자들을 대상으로 길항근에 신경근전기자극을 적용하였으며, Robinson 등 (1988)은 척수손상환자를 대상으로 경직이 있는 주동근에 신경근전기자극을 적용하였다. Apkarian과 Naumann (1991)은 길항근에 경피신경 전기자극을 운동역치 수준으로 적용하였으며, Hardy 등 (2002)은 정상인을 대상으로 전경골근과 하퇴삼두근에 경피신경전기자극을 감각역치 수준과 운동역치의 1.5배 수준으로 적용하였다. Peter 등 (2000)은 신경전도로에 대한 전기자극은 운동신경원 저장고(motoneuron pool)의 흥분성을 억제시켜 신장반사를

감소시키는 효과가 있다고 하였으나, Kukulk 등 (1994)은 비복신경에 대한 저장도의 경피신경전기자극이 척수운동신경원 저장고를 촉진 할 수 있다고 하여 다양한 방식의 전기자극이 척수운동신경원의 흥분성 변화에 영향을 주는 것으로 보고되고 있으나, 이러한 전기자극이 척수운동신경원의 흥분성을 감소시키는 효과에 대해서는 아직도 많은 논란이 많다. Daly 등 (1996)은 연구대상자, 전기자극 매개변수와 적용부위에 따라 차이가 있는 것으로 보고하였으며, Hardy 등 (2002)은 자극강도의 차이 등을 이유로 들었다.

본 연구에서는 척수운동신경원의 흥분성 변화를 근전도 장치를 이용하여 H 반사를 측정하였는데, 현재 근전도를 이용한 임상전기생리학적 평가는 신경 회로망에 자극으로 유발된 반응과 반사를 연구하기 위한 가장 확실한 방법으로 사용되어 오고 있다(Timothy 1999). H 반사는 1918년 Hoffman이 처음으로 기술하였고, 1950년 Magladery와 McDougal에 의해 그 특성이 더욱 명확히 규명된 이래로 전기적인 척수 단일연접반사구의 측정방법으로서 널리 사용되어오고 있으며 특히, 경직성 환자 같은 경우에 척수 단일연접반사구의 흥분도 평가방법으로서 많이 사용되고 있다(Little & Halar 1985). H 반사에 대한 연구는 주로 임상적으로 연관성이 많은 잠복시(latency)와 진폭(amplitude) 및 H/M 비(H/M ratio) 등을 중심으로 이루어져 왔다. 특히 H 반사의 진폭은 척수신경원의 흥분성을 평가하는데 신뢰도가 매우 높은 평가항목으로 정상인이나 신경근계 환자 모두에게서 얻어낼 수 있으며, 본질과 상척수의 영향에 의존하여 변화한다(Rosenbaum & Henning 1995). H/M 비는 두 개의 활동전위에 대한 각각의 최대진폭의 비이며 경직에 대한 진단이나 치료에 대한 효과를 평가하는 객관적 지표로 이용될 수 있다(Mattews et al. 1966).

지금까지 대부분의 선행연구들은 경피신경전기자극을 이용하여 다양한 자극강도와 자극위치에 따른 H 반사의 변화에 대하여 보고하였다(Hardy et al.

2002, Joodaki et al. 2001). 그러나, 신경근전기자극을 이용한 선행 연구들은 대부분이 근 긴장도 변화를 주관적 척도로 평가한 임상연구로 척수운동원의 흥분성 변화에 대한 H 반사의 연구는 아직까지 매우 미진한 상태이다(Robinson et al. 1988, Scheker et al. 1999). 또한 적용방식들이 척수운동원의 흥분성 변화에 미치는 효과에 대한 임상전기생리학적인 비교평가가 이루어지지 않고 있다.

따라서, 본 연구에서는 정상 성인을 대상으로 신경근전기자극의 적용방식에 따라 실험군을 길항근 자극군, 주동근 자극군, 길항근-주동근 자극군으로 나누어 척수운동신경원의 흥분성 변화를 H 반사의 측정을 통하여 정량화시키고 적용방식간의 차이를 비교평가하여 중추신경계 병변으로 인한 경직성 근 긴장을 억제시키기 위해 적용되고 있는 신경근전기자극 적용방식들의 임상적 효율성을 평가하는데 기초 자료를 제공하고자 하였다.

II 연구방법

1. 실험 대상 및 기기

1) 실험 대상

본 실험에 자원한 남자 대학생 중 8명을 대상으로 실시하였다. 실험에 영향을 주는 질병이나 이로 인해 약물을 복용하는 자, 규칙적인 신체운동을 실시하는 자는 제외시켰으며, 실험기간 중 본 실험에 영향을 미칠 수 있는 약물의 복용이나 물리적 자극 및 운동 등을 수행하지 못하도록 제한시켰다(Table 1). 선행 실험으로부터 영향을 받지 않도록 하기 위해서 적어도 일주일 이상의 휴지기를 가지고 신경근전기자극 적용방식에 따라 I군을 길항근 자극군, II군을 주동근 자극군, III군을 길항근-주동근 자극군으로 정하였다. 실험대상자는 실험 시작 전 30분간 침대에서 안정을 취하게 하였으며, 실험실 온도는 18°C-24°C를 유지하였다.

Table 1. General Characteristics of the subjects.

Age(years)	23.25±2.09(19-27)
Height(cm)	174.13±4.75(165-180)
Weight(kg)	67.25±7.48(58-78)
Stimulation site-T12 length(cm)	68.41±2.14(65-71)

All value are showed mean±SD(range)

2) 실험 기기

전기자극기는 단상직사각형파의 맥동전류가 발생되며, 주파수, 맥동기간, 순환주기, 경사증감시간의 변조가 가능한 신경근전기자극기(Best, Dynatens 301, Korea)를 사용하였다. H 반사를 측정하기 위해 사용된 기기는 고필터(high filter) 10KHz, 저필터(low filter) 50Hz, 기록 감응도(gain) 100~2,000 μ V인 근전도기(Cadwell, 6200A, USA)이며, 전극은 일회용 접착식 전극을 사용하였다.

2. 실험 방법

전기자극은 15분으로 하였으며 척수운동신경원의 흥분성에 대한 평가는 적용 전(pre-test), 적용 직후(post-immediate test), 적용 후 20분(post-20 minute test)으로 총 3회에 걸쳐 반복 측정하였다. 기록된 활동전위의 원위 잠복기는 자극 artifact로부터 음성파의 기시부까지의 전도시간을, 진폭은 음성파의 정점과 양성파의 정점사이의 전위차이를 각각 기록하였다.

1) 전기자극

전극배치는 일회용 전극을 사용하여 양극배치법(bipolar placement)으로 적용하였다. I군은 전경골근 근복에 20cm간격으로 배치하였으며, II군은 하퇴삼두근 근복에 20cm간격으로 배치하였으며, III군은 전경골근과 하퇴삼두근 근복에 배치 하였다. 전기자극은 200 μ s 맥동시간의 주파수 50pps인 맥동전류로 경사증가시간을 2초로, 경사감소시간을 0.5초로 하여 10초의 통전시간(on-time)과 10초의 단전시간(off-

time)으로 설정하였다. III군에서는 전기자극을 휴식 시간 없이 전경골근과 하퇴삼두근에 교대로 10초씩 자극하였다. 매개변수는 근 경직과 과반사 감소에 효과적이었다고 보고한 선행연구(Peterson et al. 1988, Scheker et al. 1999)들을 참고하여 설정하였다.

전기자극은 우측 하지의 전경골근과 하퇴삼두근으로 한정하였으며, 자세는 바로 누운 자세에서 무릎과 발목아래에 받침대를 받혀주어서 발목의 자유로운 운동이 일어날 수 있도록 하였다. 자극강도는 대상자가 참을 수 있는 한도 내에서 가시적 근수축이 충분히 일어날 수 있는 강도로 하였으며 평균 전류강도는 길항근 자극이 $17.88 \pm 4.30\text{mA}$, 주동근 자극이 $15.19 \pm 3.17\text{mA}$ 였다.

2) H 반사 측정

Johnson 방법(Braddom 1974)에 의거하여 후경골 신경을 정중 슬와근 주름(midpopliteal crease)에서 양극성 표면전극으로 자극했다. 이때, H 반사는 방향을 정방향으로 하고, 자극빈도는 2초에 1회로 하였으며 전극의 위치설정은 정중 슬와근 주름과 내측과(medial malleolus)의 가장 근위부(proximal)를 연결하는 선상을 양분하는 중심점에 활동(active) 전극을 놓고 아킬레스건 위에 기준(reference) 전극을, 기저(ground) 전극을 활동전극 3cm 위의 외측 비복근(lateral gastrocnemius) 위에 놓았다. 소인(sweep) 속도는 1회당 10msec, 기록 감응도는 $100 \sim 1,000 \mu\text{V}/\text{div}$ 의 범위에서 반응의 고도에 따라 조절했다. 대상자의 자세는 복와위(prone position)로 하고 무릎을 약간 굴곡 시킨 상태에서 발목 밑에 받침대를 놓고 대상자를 완전히 이완시킨 상태에서 발목이 중립위치에 놓이도록 주의했다. H/M 간격(H/M interval)은 M과 H 잠복시의 차이를 측정하였으며 H/M 비는 두 개의 활동전위에 대한 각각의 최대치의 비율을 측정하였다.

3. 자료 분석

신경근전기자극에 의한 실험군의 H 반사의 변화에 대한 유의성을 검증하기 위하여 반복측정 분산분석(repeated measures analysis of variance)을 실시하였으며 사후검정은 Duncan test로 실시하였고, 측정 시기에 따른 H 반사의 변화에 대한 유의성을 검증하기 위하여 대응표본 T검정(paired t-test)을 실시하였으며 모든 통계학적 유의수준은 $p < .05$ 수준에서 채택하였다.

III 결 과

1. H잠복시의 변화

실험군들의 H 잠복시의 변화를 반복측정 분산분석 한 결과 실험군간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 측정시기간의 차이에서는 유의하게 나타났다($p < .01$). 실험군별 측정시기간의 변화를 대응표본 T검정을 한 결과 I군에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, II군에서 적용 전과 적용 직후($p < .01$), 적용 전과 적용 후 20분($p < .05$)에서 유의한 차이를 나타내었다. III군에서는 적용 전과 적용 직후($p < .01$), 적용 전과 적용 후 20분($p < .05$)에서 유의한 차이를 나타내었다(Table 2).

Table 2. Change of H latency after electrical stimulation (ms)

Group	Pre	Post	20 min Post	-value(time)
I	31.42 ± 1.27	31.63 ± 1.57	31.49 ± 1.55	9.58**
II	31.13 ± 1.59	$31.53 \pm 1.66^{**a)}$	$31.74 \pm 1.97^{**a)}$	
III	31.67 ± 1.05	$32.11 \pm 0.86^{**a)}$	$32.04 \pm 0.78^{**a)}$	

F-value (group) 0.28

All value are showed mean \pm SD

^{a)}Significantly different from pre

^{b)}Significantly different from post

*: $p < .05$ **: $p < .01$

2. H/M 간격의 변화

신경근 전기자극에 의한 각 실험군들의 H/M 간격의 변화를 반복측정 분산분석을 한 결과 실험군간의 유의한 차이는 나타나지 않았지만 측정시기간에서는 차이가 유의하게 나타났다($p < .01$). 실험군별 측정시간의 변화를 대응표본 T검정을 한 결과 I군에서는 적용 전, 적용 직후, 적용 후 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, II군에서는 적용 전이 26.10 ± 1.47 , 적용 직후가 26.40 ± 1.58 , 적용 후가 26.51 ± 1.75 로 적용 전과 적용 직후 사이의 적용 전과 적용 후($p < .05$)에서 유의한 차이를 나타내었다. III군에서는 적용 전이 26.58 ± 0.89 , 적용 직후가 27.05 ± 0.80 , 적용 후가 26.97 ± 0.74 로 적용 전과 적용 직후($p < .001$), 적용 전과 적용 후($p < .01$)에서 유의한 차이를 나타내었다(Table 3).

Table 3. Change of H/M interval after electrical stimulation (ms)

Group	Pre	Post	20 min Post	F-value(time)
I	26.52 ± 0.95	26.85 ± 1.15	26.92 ± 1.30	12.60**
II	26.10 ± 1.47	$26.40 \pm 1.58^{*a)}$	$26.51 \pm 1.75^{*a)}$	
III	26.58 ± 0.89	$27.05 \pm 0.80^{***a)}$	$26.97 \pm 0.74^{**a)}$	

F-value (group) 0.44

All value are showed mean \pm SD

^{a)}Significantly different from pre ^{b)}Significantly different from post

*: $p < .05$ **: $p < .01$ ***: $p < .001$

3. H 진폭의 변화

실험군들의 H 진폭의 변화를 반복측정 분산분석 한 결과 실험군간의 차이는 I군과 II군에서 유의한 차이를 나타냈으며, I군과 III군, II군과 III군의 비교에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 측정시간 비교에서는 II군과 III군에서 유의한 차이가 나타났다 ($p < .01$). 실험군별 측정시간의 변화를 대응표본 T검정을 한 결과 I군에서는 유의한 차이가

나타나지 않았으나, II군에서는 적용 전과 적용 직후($p < .001$), 적용 전과 적용 후 20분($p < .01$)에서 유의한 차이를 나타내었다. III군에서는 적용 전과 적용 직후($p < .01$), 적용 전과 적용 후 20분($p < .05$)에서 유의한 차이를 나타내었다(Table 4).

Table 4. Change of H amplitude after electrical stimulation (mV)

Group	Pre	Post	20 min Post	F-value(time)
I	2.58 ± 0.23	2.53 ± 0.24	2.51 ± 0.29	11.82**
II	2.25 ± 0.21	$1.94 \pm 0.24^{***a)}$	$2.03 \pm 0.31^{**a)}$	
III	2.36 ± 0.23	$2.20 \pm 0.30^{**a)}$	$2.21 \pm 0.22^{*a)}$	

F-value(group) 8.27**

All value are showed mean \pm SD

^{a)}Significantly different from pre

^{b)}Significantly different from post

*: $p < .05$ **: $p < .01$ ***: $p < .001$

4. H/M 비의 변화

신경근 전기자극에 의한 실험군들의 H/M 비의 변화를 반복측정 분산분석을 한 결과 실험군간에는 I군과 비교해서 II군에서 유의한 차이를 나타내었으나 II군과III군, I군과 III군의 비교에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 측정시기간에는 유의한 차이가 나타났으며($p < .001$), 실험군별 측정시간의 변화를 대응표본 T검정을 한 결과 I군에서는 적용 전, 적용 직후, 적용 후 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, II군에서는 적용 전이 33.88 ± 4.79 , 적용 직후가 31.75 ± 4.10 , 적용 후가 33.00 ± 5.15 로 적용 전과 적용 직후, 적용 전과 적용 후($p < .001$)에서 각각 유의한 차이를 나타내었다. III군에서는 적용 전이 39.38 ± 3.93 , 적용 직후가 36.88 ± 4.79 , 적용 후가 36.63 ± 3.93 으로 적용 전과 적용 직후($p < .01$), 적용 전과 적용 후($p < .05$)에서 유의한 차이를 나타내었다(Table 5).

Table 5. Change of H/M ratio after electrical stimulation (%)

Group	Pre	Post	20 min Post	F-value(time)
I	39.75±5.65	40.75±5.23	41.38±4.63	6.14**
II	38.88±4.79	31.75±4.10****)	33.00±5.15****)	
III	39.38±3.93	36.88±4.79**)	36.63±3.93**)	
F-value(group)	4.56*			

All value are showed mean±SD

^aSignificantly different from pre ^bSignificantly different from post

*: p<.05 **: p<.01 ***: p<.001

IV 고찰

본 연구에서는 신경근전기자극이 척수운동신경원의 흥분성 변화에 미치는 효과와 적용방식에 따른 차이를 임상전기생리학적 실험을 통하여 비교 평가하여 신경근전기자극 적용방식들의 임상적 효율성을 평가하기 위한 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.

신경근전기자극은 구심성 신경섬유인 Aβ, Aδ 등을 선택적 전기자극(selective electrical stimulation)하는 경피신경전기자극과는 달리 원심성 신경섬유 및 근 섬유를 선택적으로 전기자극해야 하기 때문에 매 개변수의 구성에 차이가 있다. 신경근전기자극은 근 수축과 이완을 반복 유발시키기 위한 순환주기(duty cycle) 조절기능과 운동단위의 비동시성 탈분극을 유발시켜 수의적 수축과 유사한 부드러운 근 수축을 유발시키기 위한 경사증감시간(ramp up-down) 조절기능이 필요하며, 맥동기간도 운동신경이 흥분하기에 충분한 범위까지 조절이 가능해야 한다(Meryl 1992). 신경근전기자극은 임상에서 주로 근력과 근 지구력의 증진(Ferguson et al 1989), 관절가동범위 증진(Munsat 1976)과 근 경직의 완화(Scheker et al. 1999), 중추신경계 환자의 기능적 근활동의 증진(Granat et al. 1992) 등에 사용되고 있다. 신경근전기자극의 매개변수 설정 방법은 치료 목적이나 전극의 배치 등에 따라 매우 다양한데, 본 연구의 매개

변수는 근 경직과 과반사 감소에 효과적이었다고 보고한 선행연구(Peterson & Klemar 1988, Scheker et al. 1999)들을 참고하여 설정하였다.

신경근전기자극 후 측정시기에 따른 H 반사의 변화에서 길항근 자극군인 I군은 H 잠복시의 지연과 H 진폭이 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으며, 주동근 자극군인 II군과 길항근-주동근 자극군인 III군은 H 잠복시의 지연과 H 진폭이 유의하게 감소되었으며 H 잠복시 지연의 증가와 H 진폭의 감소로 H/M 간격은 증가되고 H/M 비는 II군과 III군에서 유의하게 감소되어 신경근전기자극이 적용방식에 따라 어느 정도의 차이는 있지만 척수운동신경원에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 정상인들의 비복신경에 고강도 자극을 적용한 후에 H 반사의 진폭이 잠시 감소되었다는 Delwaide 등 (1981)의 보고나 Hardy 등 (2002)의 정상인을 대상으로 한 실험에서 자극강도가 척수운동신경원의 흥분성에 더 많은 영향을 주는 것으로 보고 된 바와 같이 본 연구에서도 근 강축이 유발될 정도의 고강도로 자극하였기 때문에 나타난 것으로 생각된다. 또한 실험군 중 주동근 자극군인 II군과 길항근-주동근 자극군인 III군의 측정시간에 따른 변화가 유의하였는데, King (1996)은 뇌졸중 환자를 대상으로 근 경직이 있는 수근굴근에 직접 적용한 직후 수근굴근의 근 긴장도가 유의하게 감소되었다고 하여 본 연구와 마찬가지로 주동근 자극이 임상실험에서도 효과적인 것으로 나타났다. 주동근 자극방식에 의해 근 경직이 감소되는 이유로 King (1996)은 근 피로도의 증가와 골지건기관의 자가억제 (autogenic inhibition)를 들고 있으며, 자가억제의 기전은 전기자극이나 근 장력의 증가로 건이 신장될 때 발생하는 골지건기관의 구심성 섬유의 활성화도가 비연접 억제 (disynaptic inhibitory)를 이루어 발생되는 것으로 설명하였다. 그러나 Baker (1987)는 신경근전기자극에 의해 운동신경 축삭에 야기되는 역방향성 활동전위의 효과 때문에 근 경직이 감소되어진다는 가설을 주장하였는데, 그 기전은

경직이 유발된 근육의 운동신경을 따라 역방향성으로 활동전압이 투입되어 척수에 있는 억제성 개재신경원(Renshaw cell)을 활성화시켜 운동신경원을 억제하는 것으로 설명하고 있다.

본 연구에서는 H 반사 측정 항목 중 H 반사의 진폭과 H/M 비에서만 측정시간 및 실험군간에 가장 유의한 차이를 보였는데, H 반사 진폭의 변화는 간접적으로 척수운동신경원의 흥분성을 반영하는 방법으로 높은 신뢰도를 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Frijs 1997, Rosenbaum & Henning 1995). 실험군간의 비교에서는 길항근 자극군인 I군에 대하여 주동근 자극군인 II군이 유의한 차이를 나타내어 Baker 등 (1979)과 Goulet 등 (1997)의 연구 결과와 비슷하게 나타나 주동근 자극군인 II군이 효과적인 것으로 나타났다. Hardy 등 (2002)은 운동역치의 1.5 배 강도는 경피와 근육에 있는 고역치 심부구심성신경의 탈분극을 야기시키는데, 이러한 고역치 구심성신경은 억제성인 특징을 가지고 있기 때문에 척수운동신경원의 흥분성 감소효과가 나타난 것으로 주장하였다. 총비골신경 자극방식과 유사하게 전극배치를 한 I군에서 감소하는 경향은 있었으나 통계적으로 유의하지 않았으며, 길항근-주동근 자극방식을 사용한 III군에서도 주동근 자극방식을 사용한 II군에 비해 유의한 상승효과(synergy effect)가 나타나지 않았다.

본 연구에서 나타난 결과를 통해서 신경근전기자극에 의한 H 반사의 변화는 진폭과 H/M 비가 가장 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 그러나, 본 연구에서 얻어진 실험결과들은 정상인만을 대상으로 한정하였기 때문에 이 결과들을 확대 해석하여 임상에서 경직이 있는 환자에게 그대로 적용하기에는 제한점이 있다. 따라서 향후에는 경직이 있는 환자를 대상으로 한 다양한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각되며 본 연구가 중추신경계 병변으로 인한 경직성 근 긴장을 억제시키기 위해 적용되는 신경근전기자극 치료방식의 임상적 효용성을 높이는데 기초적 자료를 제공할 것으로 생각된다.

V 결 론

본 연구는 신경근전기자극이 척수운동신경원의 흥분성 변화에 미치는 효과와 적용방식에 따른 차이를 임상전기생리학적 실험을 통하여 비교 평가하고자 실시하였다. 대상자는 신경근계질환이 없는 정상성인 남자를 대상으로 하였으며, 척수운동신경원의 흥분성을 나타내는 H 반사의 변화를 신경근전기자극 적용 전, 적용 직후, 적용 후 20분에 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. H 잠복시의 측정 결과에서 실험군간의 유의한 차이는 나타나지 않았으나 측정시간에서는 II군과 III군에서($p < .01$) 유의한 차이를 나타내었다.
2. H/M 간격의 측정 결과에서 실험군간의 유의한 차이는 나타나지 않았으나 측정시간에서는 II군($p < .05$)과 III군($p < .001$)에서 유의한 차이를 나타내었다.
3. H 진폭의 측정 결과에서 실험군간의 비교는 I군과 II군 사이에서 유의한 차이를 나타내었으며, 측정시간에서도 II군($p < .001$)과 III군($p < .01$)이 유의한 차이를 나타내었다.
4. H/M 비의 측정 결과에서 실험군간의 비교는 I군과 II군 사이에서 유의한 차이를 나타내었으며, 측정시간에서는 II군($p < .001$)과 III군($p < .01$)에서 유의한 차이를 나타내었다.

이상의 결과로 볼 때 신경근전기자극에 의한 H 반사의 측정시기에 따른 변화는 적용방식에 따라 차이는 있지만 모든 군에서 감소되는 경향을 나타냈으며, 주동근 자극방식에서 감소가 가장 유의하게 나타났다. 특히 실험군간의 비교에서도 주동근 자극군의 흥분성 감소가 가장 유의하게 나타나 주동근 자극방식이 척수운동신경원의 흥분성 감소에 의해 중추신경계 병변으로 인한 근 경직을 억제하는데 가장 효과적인 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Apkarian JA, Naumann S : Stretch reflex inhibition using electrical stimulation in normal subjects and subjects with spasticity. *J Biomed Eng*, 13: 67-73; 1991.
- Ashby P : The neurophysiology of spasticity. *Physiotherapy Canada*, 25, 4, 1973.
- Avela J, Kyroainen H, Korvi PV et al. : Reduced reflex sensitivity persists several days after long-lasting stretch-shortening cycle exercise. *J Appl Phys*, 86: 1292-300; 1999.
- Bajd T, Gregoric M, Volovnik L, Benko H : Electrical stimulation in treating spasticity resulting from spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, 66: 515-517; 1985.
- Baker LL : Clinical uses of neuromuscular electrical stimulation. In: Nelson RM, Currier DP, eds. *Clinical electrotherapy*. Norwalk, CT: Appleton and Lange, 1987.
- Baker LL, Yeh C, Wilson D et al. : Electrical stimulation of wrist and fingers for hemiplegic patients. *Phys Ther*, 59: 1495-1499; 1979.
- Belanger AY : Manual muscle tapping decreases soleus H reflex amplitude in control subjects. *Physilther Can*, 41: 192-196; 1989.
- Bell KR, Lehmann JE : Effect of cooling on H and T reflexes in normal subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, 68: 490-493; 1987.
- Braddom RL, Johnson EW : Standardization of H reflex and diagnostic use in S1 radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil*, 55: 161-166; 1974.
- Carr JH, Shepherd RB, Ada L : Spasticity: research findings and implications for intervention. *Physiotherapy*, 81: 421-429; 1995.
- Daly JJ, Marsolais EB, Mendell LM, Rymer WZ et al. Therapeutic neural effects of electrical stimulation. *IEEE Trans Rehabil Eng*, 4: 218-230; 1996.
- Delwaide PJ, Crenna P, Fleron MH : Cutaneous nerve stimulation and motoneuron excitability, I : soleus and tibialis anterior excitability after ipsilateral and contralateral sural nerve stimulation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 44: 699-707; 1981.
- Ferguson JP, Blackley MW, Knight RD et al. : Effects of varying electrode site placement on the Torque output of an electrically stimulated involuntary quadriceps femoris muscle contraction. *J Orthop Sports Phys Ther*, 11: 24-29; 1989.
- Frijns CJ, Laman DM, van Duijn MA et al. : Normal values of patellar and ankle tendon reflex latencies. *Clin Neurol Neurosurg*, 99: 31-36; 1997.
- Goulet CG, Arsenaault AB, Bourbonnais D et al. : Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on the H-reflex of muscles of different fiber type composition. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 37: 335-342; 1997.
- Granat M, Keating JF, Smith ACB et al. : The use of functional electrical stimulation to assist gait in patients with incomplete spinal cord injury. *Disability and Rehabil*, 14: 93-97; 1997.
- Hardy SG, Spalding B, Hao Liu et al. : The effect of transcutaneous electrical stimulation on spinal motor neuron excitability in people without known neuromuscular diseases: The roles of stimulus intensity and location. *Phy Ther*, 82: 354-363; 2002.
- Joodaki MR, Olyaei GR, Bagheri H : The effects of electrical nerve stimulation of the lower extremity on H-reflex and F-wave parameters. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 41(1): 23-8; 2001.
- King TI 2nd. : The effect of neuromuscular electrical stimulation in reducing tone. *Am J Occup Ther*, 50: 62-64; 1996.

- Kuen Homg TSAI, Chun Yu Yeh, Hui Yi Chang et al : Effects of a single session of prolonged muscle stretch on spastic muscle of stroke patients. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(B), 25(2): 76-81; 2201.
- Kukulka CG : The reflex effects of nonnoxious sural nerve stimulation on human triceps surae motor neurons. J Neurophysiol, 71: 1897-1906; 1994.
- Leone JA, Kakulka CG : Effects of tendon pressure on alpha motoneuron excitability in patients with stroke. Phy Ther 68: 475-480; 1988.
- Levin MF, Hui-Chan CWY : Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor functions. Electro Clinic Neurophy, 85: 131-142; 1992.
- Levin MG, Knott M, Kabot H : Relaxation of spasticity by electrical stimulation of antagonist muscles. Arch Phys Med, 33: 668-673; 1952.
- Little JW, Halar EM : H-reflex changes following spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil 66: 19-22; 1985.
- Magladery JW, McDougal DB : Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. Bull Johns Hopkins Hosp, 86: 265-290; 1950.
- Mattews WB : Ratio of maximum H reflex to maximum M response as a measure of spasticity. J Neurol Neurosurg Psychiat, 29: 201; 1966.
- Meryl RG : Electrotherapy in rehabilitation, F.A. Davis company, 218-244; 1992.
- Munsat TL, McNeal DR, Waters RL : Preliminary observations on prolonged stimulation of peripheral nerve in man. Arch Neurol, 33: 608-617; 1976.
- Orsnes G, Crone C, Kaup C et al : The effect of baclofen on the transmission in spinal pathways in synaptic multiple sclerosis patients. Clin Neurophysiol, 111: 1372-1379; 2000.
- Peter H Veltink, Mechel Ladouceur, Thomas Sinkjaer : Inhibition of the triceps surae stretch reflex by stimulation of the deep peroneal Nerve in persons with spastic stroke. Arch Phys Med Rehabil, 81: 1016-24; 2000.
- Peterson T, Klemar KB : Electrical stimulation as a treatment of lower limb spasticity. J Neuro Rehab 1988, 2: 103-108; 1988.
- Robinson CJ, Kett NA, Bolam JM : Spasticity in spinal and injured patient: short term effects of surface electrical stimulation. Arch Phy Med Rehabil, 69: 598-604; 1988.
- Rosenbaum D, Henning EM : The influence of stretching and warm-up exercise on achilles tendon reflex activity. J Sports Sci, 13: 481-490; 1995.
- Sabine Meunier : Modulation by corticospinal volleys of presynaptic inhibition to Ia afferents in man. J. Physiol.(paris), 93: 387-394; 1999.
- Sax DS, Johnson TL : Spinal reflex activity in man. Measurement in relation to spasticity. In: Feldman RG, Young RR, Loella WP, editors. Spasticity : Disordered Motor Control, Chicagok Year Book 301-313; 1980.
- Scheker LR, Chesher SP, Ramirez S : Neuromuscular electrical stimulation and dynamic bracing as a treatment for upper-extremity spasticity in children with cerebral palsy, J. Hand Surgery(British and European Volume), 24B: 2: 226-232; 1999.
- Sullivan ST, Williams LRT, Seabome DE et al : Effects of massage on alfa motoneuron excitability. Phy Ther, 71: 555-560; 1991.
- Timothy S Miles : Studies of stimulus-evoked responses in single motoneurons in humans. J Physiol(Paris), 93: 61-69; 1999.