

전경골근 등척성 수축에 의한 경직성 뇌졸중 환자의 비복근 α -운동 신경원 흥분 변화

김종순, 이현옥, 안소윤

부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

Abstract

The Change of α -motor neuron excitability in Spastic Stroke Patients by Pre-tibia Muscle Isometric Contraction

Jong-Soon Kim, Hyun-Ok Lee, So-Youn Ahn

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Catholic University of Pusan

Spasticity has been defined as "a motor disorder characterized by a velocity-dependent increased in tonic stretch reflexes with exaggerated tendon jerks, resulting from hyperexcitability of the stretch reflex, as one components of the upper motorneuron syndrome". Spasticity is one of the common symptoms of stroke patients and frequently interferes with the motor functions such as gait, posture and activities of daily living. Therefore, its management is becoming a major issue in physical therapy. The purpose of this study was to determined the effects of reciprocal inhibition by isometric contraction of pre-tibia muscle on spasticity in hemiplegic patients through Hoffmann reflex. The subjects were consisted 45 patients who had hemiplegia due to stroke. All subjects randomly assigned to 3 group: manual reciprocal inhibition program group(manual group), neuromuscular electrical stimulation group(NMES group) and control group. The manual group received voluntary isometric contraction of pre-tibia muscle. The NMES group received neuromuscular electrical stimulation on tibialis anterior. The control group was not received any therapeutic intervention. Before and after experiments, Hoffmann reflex, M-wave and Modified Ashworth scale was measure in all patients. The data of 30 patients who complete experimental course were statistically analysed. Modified Ashworth scale were significantly decreased after experiment in manual group($p < .01$). The Hmax/Mmax ratios were significantly decreased after experiment in manual group($p < .01$). There were no statistical difference between pre-test and post-test with modified Ashworth scale in NMES group($p > .01$). There were no statistical difference between pre-test and post-test with Hmax/Mmax ratios in NMES group($p > .01$). There were no statistical difference between pre-test and post-test with modified Ashworth scale in control group($p > .01$). There were no statistical difference between pre-test and post-test with Hmax/Mmax ratios in control group($p > .01$). The present results revealed that reciprocal inhibition which produced by voluntary isometric contraction of pre-tibia muscle can be reduce spasticity of gastrocnemius. Therefore, reciprocal inhibition

is useful to improve functional activities in hemiplegic patient. Further study should be done to analyse the effects of intervention duration of reciprocal inhibition, appropriate muscle contraction, optimal time to apply the reciprocal inhibition in more long period.

Key Words: Spasticity; Reciprocal Inhibition; Hoffmann Reflex

교신저자 : 김종순(부산가톨릭대학교 물리치료학과, 051-510-0821, E-mail: ptjskim@cup.ac.kr)

I. 서론

통계청(2004) 발표에 의하면 2002년 국내 사망 원인은 뇌출혈, 뇌경색 등 뇌혈관 질환으로 인한 사망률이 가장 높고 특히, 50대 이후 뇌혈관 질환이 가장 높은 사망 원인이라고 보고하여 그 위험성을 경고하고 있으며 뇌졸중 유병률은 2001년 인구 천명당 8.11명이었다(한국보건사회연구원, 2002).

미국의 경우는 뇌졸중이 세 번째로 높은 사망 원인이며 신경계 질환으로는 가장 흔한 질환으로 운동 장애를 발생시키는 두 번째로 높은 원인으로 알려져 있으며 매년 5십만명의 새로운 환자가 발생하여 3만명 정도만 살아남으며 300백만명 이상의 미국인이 뇌졸중으로 인한 장애를 호소하고 있는 것으로 알려져 있고(O'Sullivan, 1994) 호주의 경우도 연간 약 3만 7000명의 뇌졸중의 환자가 발생하고 살아남은 환자의 50% 정도가 장애를 가지는 것으로 알려져 있다(Anderson et al., 1993).

뇌졸중 후 이차적으로 편측 마비가 발생되며 환자 신체의 환측은 먼저 이완성을 보이다가 곧 경직(spasticity)이 나타나는데 환측 상지에는 굴곡근 경직 그리고 하지에는 신전근 경직이 흔하게 나타난다.

경직은 척수 손상이나 뇌졸중과 같은 상위 운동 신경원 증후군의 하나로서 신장 반사의 과흥분성으로 인한 과장된 건 반사와 함께 속도에 따라 증가하는 긴장성 신장 반사가 특징인 운동 장애이다. 경직은 환자의 수동 관절 가동 범위, 능동 관절 가동 범위, 기능적 능력 및 이동시 균형의 방해로 초래하고 근육과 다른 조직의 물리적 특성 변화를 유발하여 근육, 건, 관절의 유연성과 점탄성에도 영향을 미치게 되며 경직에 의한 이차적 변화는 뇌졸중 환자 물리치료에 있어 해결해야 할 커다란 문제이다.

일반적으로 움직임은 주동근 활성화와 길항근 억제로 일어나는데 신장 반사의 활성화가 속도에 좌우되므로 경직은 빠르게 움직이는 환자의 능력을 제한하여 뇌졸중 환자의 유연하고 정상적인 움직임을 방해한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2000; Twist,

1985).

전통적으로 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 경직을 감소시키기 위해 많은 물리치료법과, 약물 치료, 수술 등의 방법이 사용되고 있는데(Shumway-Cook과 Woollacott, 2000) 이중에서 물리치료 방법들은 비침습적인 치료 중재로 많은 각광을 받고 있으며 물리치료 방법에는 관절 운동(Robinson et al., 1988), 한냉 치료(최진호 등, 1997; Price et al., 1993), 전기 자극 치료(정병옥 등, 1999; 김원호, 1997; Goulet et al., 1996; Bajd et al., 1985; Alfieri, 1982), 건 압박(Leone과 Kukulka, 1988), 맛사지(Sullivan et al., 1991), 보조기(Gok et al., 2003), 진동 자극(Bishop, 1975a, b, 1974), 탄력 붕대(Twist, 1985), 석고 고정(Pohl et al., 2002), 근전도 생체피드백(Wolf, 1983), 상호억제기법의 적용(김원호, 1997; 김원호 등, 1995) 등이 이용된다.

이중에서 상호억제기법은 등척성 수축을 한 근육의 길항근에 발생하는 생리학적 반응인 척수의 개재 신경원 작용에 의한 상호억제 기전을 이용한 치료법이다. 즉 한 근육이 등척성 수축 할 때 그 근육의 길항근은 억제 되며 그 후 즉시 이완되는(Chaitow, 2001) 기전을 이용한 신경 생리학적 치료법이다.

신경근 억제와 관련된 주요 반사 회로에는 이중 연결성 Ia 억제 개재 신경원에 의해 중재된 억제, Renshaw 세포에 의해 중재된 회귀성 억제 그리고 Ib 섬유에 의해 중재된 자가 억제가 있다(Leonard, 1998).

같은 관절에 작용하는 근육에는 굴곡근과 신전근이 있어 서로 길항적으로 작용하고 있다. 이와 같은 길항관계에 있는 근육들 중 한 무리가 수축할 때 이를 주동근이라 하며, 다른 한 무리를 길항근이라고 한다. 그러나 관절에 작용하는 주동근, 길항근이 모두 같은 기능을 한다고는 할 수 없으며, 조금씩 작용하는 바가 다르지만 협동적으로 작용하는 둘 이상의 근육으로 구성되는 경우가 많다. 같은 관절에 작용하는 주동근 운동 신경원에는 단일 연결성 흥분 작용이 미치며, 길항근 운동 신경원에는 억제 작용이 미친다. 이러한 길항근 운동 신경원에 대한 억제는 억

제성 개재 신경원이 작용을 하게된다(김우겸, 1988).

반사 수용기 정보를 전달하는 Ia 구심성 섬유는 척수로 들어갈 때 가지를 친다. 이러한 가지들 중 일부는 개재 신경원과 연결 하는데 연결하는 개재 신경원의 형태는 Ia 억제 개재 신경원이다. 이 개재 신경원은 자극이 될 때 신경 전달 물질을 분비하는데 이 신경 전달 물질은 길항근을 지배하는 운동 신경원을 억제 시킨다. 이러한 과정은 억제를 시키는 경로가 두 번의 연결을 하기 때문에 이중 연결성 억제라고 한다.

한편 척수 내의 운동신경원은 측부 섬유를 개재 신경원에 내보내는데, 이 개재 신경원은 운동 신경원에 억제성 연결을 한다. 이런 억제성 연결을 하는 개재 신경원을 Renshaw 세포라고 하며 이런 억제성 회로를 Renshaw 억제라고 한다. Renshaw 억제는 운동 신경원에 의하여 흥분된 개재 신경원이 바로 흥분을 전달해준 운동 신경원을 억제하기 때문에 전형적인 되먹임 억제이다.

Renshaw 세포는 개재 신경원으로서 α -운동 신경원, Ia 억제 개재 신경원과 직접적으로 연결을 한다(Leonard, 1998). 표적 근육(target muscle)을 수축시키기 시작하는 α -운동 신경원은 Renshaw 세포도 활성화 시키는데 Renshaw 세포는 α -운동 신경원에 대해 약한 억제적 연결 작용을 통해 그 활성도를 조절한다(Gilman과 Newman, 2000). Renshaw 세포는 Ia 억제 개재 신경원과 마찬가지로 여러 하행 신경의 입력과 분절 입력을 받지만 주로 α -운동 신경원으로부터 입력을 받는다. Renshaw 세포는 α -운동 신경원과 추위근 섬유로 투사되고 투사되자마자 즉시 Renshaw 세포로 되돌아간다. 이렇듯 α -운동 신경원으로부터 Renshaw 세포로 되돌아가기 때문에 이를 회귀성 억제라고 한다. Renshaw 세포는 되돌아가서 α -운동 신경원과 다시 연결을 하고 α -운동 신경원, 협력근 그리고 동일 근육의 γ -운동 신경원도 억제 시킨다. 즉 운동 신경원의 흥분 후 그 운동 신경이 지배하는 근육이 수축을 하고 더불어 운동 신경원의 측부 섬유를 통한 흥분의 전파를 통하여 측부 섬유가 연결한 Renshaw 세포가 흥분하여 동일 운동 신경원의 활성을 억제하며 또한 길항근 Ia 억제성 개재 신경원도 억제시킨다. 그러므로 α -운동 신경원이나 하행성 명령에 의해 활성화된 Renshaw 세포는 α -운동 신경원의 출력을 감소시킨다.

골지 건 기관(Golgi tendon organ; GTO)은 근 방추와는 달리 수축 요소에 대해 직렬로 위치해 있으므로 근육이 신전되어도 자극되고 근육이 수축하여도 자극된다. 골지 건 기관의 신호는 Ib 구심성 섬유

를 통해 척수에 전달이 되고 억제성 개재 신경원인 Ib 개재 신경원과 연결을 하여 동일근의 운동 신경원을 억제한다(김우겸, 1988; Leonard, 1998).

길항근 수축 정도에 따라 Ia 개재 신경원의 억제가 증가하는데(Leonard et al., 1999; Shindo et al., 1995) Hwang 등(2002)은 발목 관절 배측 굴곡을 등척성으로 최대 수의적 수축의 25%, 50%, 75%로 시켰을 때 길항근 수축 정도에 따라 개재 신경원의 억제에 의한 Hoffmann 반사의 진폭 변화를 보고하였다. 이러한 결과는 길항근 수축으로 상호억제의 강도가 변한다는 Leonard 등(1999)과 Shindo 등(1995)의 연구 결과와 일치하는데 이때 작용하는 기전으로 알려진 것에는 긴장성 길항근 수축을 하는 동안 중추 기전에 의한 Ia 억제성 개재 신경원의 촉진(Hultborn et al., 1976a, b)과 총비골 신경의 활성화에 의한 연결후 변조 효과(Stewart과 Brooke, 1993) 그리고 Ia 억제성 개재 신경원의 조절 효과(Burke et al., 1992)가 있다.

상호억제기법을 이용한 치료는 현재 통증으로 인한 근 경련의 감소나 관절 가동 범위의 증진을 위해 정형물리치료학 분야에서 주로 사용되며 중추 신경계에 문제를 가지고 있는 환자의 치료에는 거의 사용이 이루어지지 않고 있다. 하지만 상호억제기법을 뇌졸중으로 인한 경직성 편마비 환자의 발목 관절에 적용 할 경우 하퇴 삼두근의 상호억제 효과와 발목 관절 배측 굴곡근의 등척성 운동을 통한 근력 훈련의 효과도 거둘 수 있을 것으로 여겨지는데 중추 신경계 병변을 가진 환자의 근력 훈련에 관한 전통적인 관점은 기능적인 수행에 영향을 미치는 1차적인 손상이 약화가 아니라 경직이라는 가정에 기초하여 중추 신경계 병변 환자의 근력 측정은 적절하지 못하며 환자의 근력 훈련은 금기 사항으로 근력 훈련은 긴장도를 증가시킨다고 보았으나 최근에는 대뇌 피질 병변을 가진 환자들의 기능 수행시 부전마비가 경직만큼이나 중요한 요소라고 인식하여 근력 훈련의 중요성을 강조하고 있다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2000). Engardt 등(1995)은 10명의 대뇌 피질 병변 환자들 중 절반은 원심성 동작을 나머지 절반은 구심성 동작을 위주로 한 근력 훈련을 시킨 결과 원심성 훈련군의 마비측 다리에서 원심성, 구심성 근력 모두 증가하였고 앉고 일어서기 과제시 다리에 거의 대칭적인 체중 분포 양상을 보였다고 보고 하였으며 Damiano와 Abel(1998)은 청년기 경직성 뇌성마비 환자군을 근력 훈련시킨 결과 경직의 증가는 보이지 않았고 침범된 근육의 유의한 근력 향상만이 나타났다고 보고하여 중추 신경 손상 환자

의 근력 훈련의 중요성을 강조하고 있다.

따라서 상호억제기법은 하퇴 삼두근의 α -운동 신경원의 흥분 억제와 발목 관절 배측 굴곡근의 강화라는 측면에서 이완과 촉진이라는 두가지 운동 치료학적 이점을 가진 유용한 치료 기법으로 사료되며 상호억제기법을 중추 신경계 손상 환자에게로 확대 적용하는 연구와 이에 따른 α -운동 신경원의 흥분 변화를 분석하는 연구는 의미 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 뇌졸중으로 인한 편마비로 진단을 받고 부산광역시 소재 ○○ 의료원에서 입원 또는 통원 치료를 하고 있는 환자와 ○○ 종합 사회복지관과 △△ 종합 사회복지관에서 관할하는 관내의 뇌졸중 환자 중 본 연구의 내용을 이해하고 적극적으로 참여 할 것을 동의한 사람으로서 다음의 조건을 만족하는 환자를 대상으로 하였다.

- 1) 뇌졸중으로 인한 경직성 성인 편마비 환자
- 2) 발목 관절이 치료사의 지시에 따라 일부 수의적 운동이 가능한 환자
- 3) 연구를 방해하는 정형 외과적 질환이 없는 환자
- 4) 현재 또는 발병 전 정신과적 치료를 받은 과거력이 없는 환자

위의 선정 기준을 근거로 선발된 환자를 대상으로 2003년 12월 1일부터 2004년 2월 29일까지 각 대상자마다 3주간 연구를 실시하였다.

2. 연구 설계

본 연구는 준 실험 설계(quasi-experimental design)로 확률배정 복수군 전후 조사 실험 설계(randomized κ group pretest-posttest design)에 기초하여 실시하였다.

본 연구의 연구자는 연구 대상자의 선정을 위해 면접 조사를 실시하여 사전 조사로서 연구 대상자의 일반적 특성, 발목 관절의 경직 정도, 비복근의 α -운동 신경원 흥분성 정도를 분석하였다. 사전 조사 후 조사 대상자 중 본 연구에 참여하겠다고 동의한 환자에 대하여 manual군은 주당 5회 3주간의 수기적 방법을 통한 상호억제 프로그램, NMES군은 주당

5회 3주간의 신경근 전기 자극을 이용한 상호억제 프로그램을 실시하였고 대조군은 3주간 어떠한 처치도 하지 않았다. 3주간의 치료 중재가 끝난 후 다시 연구 대상자 전원을 사후 조사하여 각 군의 치료 중재 효과를 알아보았다.

3. 연구 도구

1) 비복근 α -운동 신경원 흥분 정도 평가

본 연구에서는 비복근의 α -운동 신경원 흥분 정도를 정량적으로 평가하기 위해 근전도(Dantec Keypoint, Denmark) 장비를 이용하여 Hoffman반사 검사를 시행하였다.

Hoffmann 반사는 발목 관절 반사의 전기 생리학적 대응 반사로서 긴 잠복시를 가지는 후기 반응으로, 흥분성이나 억제성 입력 중재에 의한 α -운동 신경원 저장소의 흥분성 변화를 평가하는 유용한 도구로서 Ia 구심성 신경과 S1 신경근의 원심성 α -운동 신경원을 통해 이루어지는 단일 연결 반사의 잠복시를 측정한다. 주로 운동 신경원 흥분성 검사로 채택되며(김호봉 등, 1998; Hwang et al., 2002; Oh, 1992) α -운동 신경원의 흥분성 정도를 평가하여 경직을 정량화 하고자 하는 경우에는 H-파의 최대 진폭과 복합근 활동 전위인 M-파의 최대 진폭비(Hmax/Mmax ratio)로서 정량화 할 수 있다(Garrent과 Caulfield, 2001; Koelman et al., 1993).

(1) 근전도

본 연구에서는 Hoffmann 반사를 측정하기 위해 저역통과 필터링(low-pass filtering) 10KHz, 고역통과 필터링(high-pass filtering) 5Hz, 민감도 5,000 μ V, 그리고 소인 속도(sweep speed)를 5ms로 설정하였으며 연구에 사용된 근전도 기기 프로그램은 version 1.50 KeypointTM이었다.

(2) 자극 방법과 전극 배치 방법

Hoffmann 반사를 검사하기 위해 전기 자극은 정중 슬와근 주름(midpopliteal crease)에서 후경골 신경을 양극성 전극을 이용하여 자극하였다. 자극은 1Hz의 자극 주파수를 정방향으로 하여 자극하였으며 자극 빈도는 2초당 1회로 하였다.

Hoffmann 반사의 전극 부착 방법은 Braddom과 Johnson(1974)의 방법과 한태륜 등(1991)의 방법이 많이 사용되는데 Braddom과 Johnson의 방법이 민감도가 75~91%, 특이도가 82~91% 정도인 신뢰도가 높은 검사이기는 하나(강세윤 등, 1984; 김은이 등,

1990; 문재호와 신정순, 1982) 최초의 음위상을 보이는 Hoffmann 반사를 잡을 수 없고 주로 삼상성의 모양을 나타내는 등 위상이 일정치 못함에 기인하여 주로 잠복시만을 그 척도로 삼고 있으며, 진폭, 면적, 모양 등의 다른 신경전도 검사에서 사용되는 기준들이 사용되지 못하는 단점을 가지고 있는 반면(한태륜 등, 1993) 한태륜 등(1991)의 방법은 진폭과 면적을 이용한 여러 지수 및 모양 등 다른 신경전도 검사에서 사용되는 기준들이 유용하게 쓰이며 Hoffmann 반사의 진폭비 등 새로운 진단 기준을 적용할 경우에 그 특이도가 월등히 높다(한태륜 등, 1993).

이에 본 연구에서는 한태륜 등(1991)이 제안한 방법을 이용하여 전극을 부착하였다. 전극의 부착 부위는 환자를 복와위로 눕힌 후 기록 전극(active electrode)은 슬관절에서 경골 내측면을 이분하여 그 중간 지점과 내과의 끝을 연결한 선을 그어, 이 선의 정중앙부에서 경골능(tibia crest)의 바로 내측 비복근에 부착하였고 기준 전극(reference electrode)은 아킬레스 건 위에 부착하였으며 접지 전극(ground electrode)은 자극 전극과 기록 전극 사이에 부착하였다.

2) 수정된 Ashworth 척도

본 연구에서 사용된 수정된 Ashworth 척도는 경직의 정도를 임상적으로 평가하는 방법 중에 가장 많이 사용되는 척도로서 관절을 수동적으로 신전시켰을 때 치료사가 느끼는 저항 정도를 6등급으로 나누어 평가한다(Wallen et al., 2004).

3) 신경근 전기 자극기

본 연구에서 비복근의 경직을 감소시키기 위해 사용된 신경근 전기 자극기는 Walking Man II(Cyber Medic Ltd., Korea)이다.

4. 연구 절차

본 연구는 예비 조사를 통하여 연구 대상자를 선정한 후 본 연구의 기준 조건에 부합하는 환자임이 확인되면 무작위 그룹 배정 방법으로 1, 2, 3의 세 가지 숫자가 적힌 쪽지를 각각 15개씩 45개를 주머니에 넣어 실험 대상자 각자 하나씩 뽑도록 해서 무작위로 그룹 배정을 하였다.

피험자들은 치료사가 수기법으로 상호억제기법을 적용한 수기적 상호억제군(Manual group), 신경근

전기 자극을 이용하여 상호억제를 적용하는 신경근 전기 자극군(NMES group), 아무런 치료 중재를 적용하지 않는 대조군(control group)으로 나누어 실험을 진행하였다. 각 실험 집단은 주당 5회씩 3주간 총 15회의 치료를 실시하였다.

각 실험 집단은 실험 시작 전 수정된 Ashworth 척도를 이용한 경직 정도, 근전도의 Hoffmann 반사 검사를 통한 비복근의 α -운동 신경원 흥분성 정도를 측정하였고 실험 종료 후에 실험 시작 전과 동일한 검사를 수행하였다.

1) 수기법을 이용한 상호억제

수기적 상호억제군에 대한 수기법을 이용한 상호억제기법을 적용하기 전에 수기적 상호억제군으로 배정된 참여자들에게 충분히 수기법을 이용한 상호억제기법의 방법에 관해 설명하고 1회당 15분씩, 주 5회씩 3주에 걸쳐 수기법을 이용한 상호억제기법을 적용하였다.

수기법을 이용한 상호억제기법은 Chaitow(2001)가 제안한 방법을 사용하였다. 즉, 피험자들은 양와위로 침대에 누워 가능한 관절 가동 범위의 중간 범위에서 자신이 낼 수 있는 총 근력의 20~30%의 힘으로 7초간 발목 관절 배측 굴곡을 실시하였고 연구자는 피험자의 발등 쪽에서 발목 관절 배측 굴곡력과 동일한 반대압을 주어 경골 앞쪽 근육에 등척성 수축이 일어나도록 하였으며 등척성 수축 후에는 5초간 휴식을 취하도록 하였다. 이러한 적용 절차를 반복해서 3회 실시하는 것을 1회의 치료 주기로 설정하여 1회의 치료 주기 후 30초간 휴식 시간을 갖도록 하였다.

수기법을 이용한 상호억제기법을 적용할 때 피험자에게 수축을 할 때는 호흡을 멈추도록 하였고 이완을 할 때는 호흡을 내쉬도록 하였다.

상호억제기법의 적용 중 환자에게 Valsalva 증상이 나타나거나 환자가 피로감이나 어지러움을 호소할 때에는 잠시 쉬었다가 다시 시도 하였으며, 상기 증상이 심한 경우에는 치료적 중재를 중단하였다.

2) 신경근 전기 자극을 이용한 상호억제

신경근 전기 자극군에 대한 신경근 전기 자극을 이용한 상호억제기법을 적용하기 전에 수기적 상호억제군으로 배정된 참여자들과 마찬가지로 신경근 전기 자극군으로 배정된 참여자들에게 신경근 전기 자극 적용 절차에 관해 자세히 설명하고 1회당 15분씩, 주 5회씩 3주에 걸쳐 신경근 전기 자극을 이용한 상호억제기법을 적용하였다.

신경근 전기 자극을 이용한 상호억제기법의 적용은 이정우와 김태열(2003)이 이용한 방법을 사용하였다. 즉, 피험자들을 침대에 양와위로 눕게한 후 신경근 전기 자극기(Walking Man II, Korea)를 이용하여 전경골근(tibialis anterior)의 수축이 일어나도록 하였으며 전극 배치는 일회용 접착식 전극을 양극 배치법으로 전경골근 근복에 20cm 간격으로 배치하였다.

신경근 전기 자극기에 사용된 자극 매개변수는 200 μ s 맥동 시간과 주파수 50pps인 맥동 전류로 경사 증가 시간을 2초, 경사 감소 시간을 0.5초로 하여 10초의 통전 시간과 10초의 단속 시간을 설정하였다.

5. 자료 처리

본 연구는 수기적 상호억제군 15명, 신경근 전기 자극군 15명, 그리고 대조군 15명을 대상으로 진행하였으나 수기적 상호억제군 중 3명, 신경근 전기 자극군 중 5명, 그리고 대조군 중 7명이 연구 도중에 연구 참여를 중단하여 총 30명만이 종료시까지 연구에 참여를 하였다. 따라서 본 연구는 이들 30명을 대상으로 자료를 분석하였다.

연구 과정에서 수집된 자료는 부호화한 후 자료 처리는 유의 수준 α 를 0.01로 하여 통계 패키지 SPSS for Windows(ver. 10.0)를 이용하여 분석하였다.

먼저 수집된 자료는 수기적 상호억제군, 신경근 전기 자극군, 그리고 대조군의 일반적 특성에 관한 평균 및 표준 편차를 산출하였으며 수기적 상호억제군, 신경근 전기 자극군, 그리고 대조군의 환측, 비환측 비복근의 α -운동 신경원 흥분성 정도 차이를 비교하기 위해 Mann-Whitney U-검정으로 통계학적인 차이를 살펴보았다.

수기적인 방법을 이용한 상호억제기법과 신경근 전기 자극을 통한 상호억제기법의 효과 차이를 분석하기 위해 각 집단별 전·후 검사 측정치는 Kruskal-Wallis 검정으로 각 집단간의 차이를 분석하였으며 각 집단의 치료 전·후 비교는 Wilcoxon 부호 순위 검정(Wilcoxon signed rank test)으로 각각의 처치가 발목 관절의 경직 개선과 α -운동 신경원 흥분성에 어떠한 영향을 미치는지를 검증하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 특성

1) 연구 대상자의 일반적 특성

연구에 참여한 전체 대상자는 30명이었으며 대상자중 남성이 18명으로 60.0%이었고 여성이 12명으로 40.0%이었다. 평균 연령은 61.00세이었고, 평균 신장은 161.86cm, 체중은 59.10kg이었다.

수기법을 이용한 상호억제기법을 적용한 수기적 상호억제군은 남성이 11명으로 91.7%, 여성이 1명으로 8.3%이었다. 평균 연령은 54.33세이었고, 평균 신장은 167.50cm, 체중은 68.08kg이었다.

신경근 전기 자극을 이용한 상호억제기법을 적용한 신경근 전기 자극군은 남성이 5명으로 50.0%, 여성이 5명으로 50.0%이었다. 평균 연령은 62.60세이었고, 평균 신장은 158.30cm, 체중은 54.40kg이었다.

대조군은 남성이 2명으로 25.0%, 여성이 6명으로 75.0%이었다. 평균 연령은 69.00세이었고, 평균 신장은 157.29cm, 체중은 51.50kg이었다(표 1).

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성

Group	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)
Manual	54.33 \pm 10.49	167.50 \pm 5.47	68.08 \pm 9.45
NMES	62.60 \pm 9.96	158.30 \pm 4.99	54.40 \pm 6.52
Control	69.00 \pm 7.48	157.29 \pm 5.35	51.50 \pm 5.50

2) 연구 대상자의 병력 특성

연구에 참여한 대상자의 병력 특성은 전체 대상자 30명중 출혈성 뇌손상 환자가 5명으로 16.7%, 허혈성 뇌손상 환자는 25명으로 83.3%이었다.

편마비가 발생한 부위는 오른쪽 편마비가 16명으로 53.3%, 왼쪽 편마비 환자가 14명으로 46.7%이었다. 각 그룹별 병력 특성은 수기적 상호억제군이 출혈성 뇌손상 환자가 3명으로 25.0%, 허혈성 뇌손상 환자가 9명으로 75.0%이었으며 편마비가 발생한 부위는 오른쪽 편마비가 6명으로 50.0%, 왼쪽 편마비가 6명으로 50.0%이었다.

신경근 전기 자극군은 출혈성 뇌손상 환자가 2명으로 20.0%, 허혈성 뇌손상 환자가 8명으로 80.0%이었으며 편마비가 발생한 부위는 오른쪽 편마비가 6명으로 60.0%, 왼쪽 편마비가 4명으로 40.0%이었다.

대조군은 허혈성 뇌손상 환자가 8명으로 100.0%이었으며 출혈성 뇌손상 환자는 없었다. 편마비가 발생한 부위는 오른쪽 편마비가 4명으로 50.0%, 왼쪽 편마비가 4명으로 50.0%이었다(표 2).

표 2. 연구 대상자의 병력 특성

Group	Intracerebral hemorrhage	Intracerebral Ischemic	Rt. hemiplegia	Lt. hemiplegia
Manual	3(25.0%)	9(75.0%)	6(50.0%)	6(50.0%)
NMES	2(20.0%)	8(80.0%)	6(60.0%)	4(40.0%)
Control	0(0.0%)	8(100.0%)	4(50.0%)	4(50.0%)

3) 연구 대상자의 경직 정도

수정된 운동기능사정 척도를 이용하여 측정한 연구 대상자의 평균 보행 정도는 3.77점이었다. 이를 각 그룹별로 살펴보면 수기적 상호억제군은 보행 정도가 3.67점, 신경근 전기 자극군은 4.10점, 대조군은 3.50점이었으며 각 그룹간의 통계학적인 유의한 차이는 없었다($p>.01$).

수정된 Ashworth 척도를 이용하여 측정한 연구 대상자의 평균 경직 정도는 2.70점이었다. 이를 각 그룹별로 살펴보면 수기적 상호억제군은 경직 정도가 3.33점, 신경근 전기 자극군은 2.20점, 대조군은 2.38점이었다.

수기적 상호억제군의 경직이 3.33점으로 수정된 Ashworth 척도상 G2~G3에 해당되어 가장 심한 것으로 나타났으나 각 그룹간의 통계학적인 유의한 차이는 없었다($p>.01$)(표 3).

표 3. 연구 대상자의 경직 정도

Group	Manual	NMES	Control	p-value
Spasticity	3.33±0.78	2.20±0.92	2.38±1.30	0.030

2. 실험군과 대조군의 Hoffmann 반사 비교

1) Hoffmann 반사 잠복시 비교

(1) 비환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 잠복시 비교

비환측의 실험 전 Hoffmann 반사 잠복시는 평균 29.83msec이었으나 실험 후는 평균 29.78msec이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정한 결과는 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 실험 전 30.43msec, 실험 후 30.66msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$).

신경근 전기 자극군은 실험 전 29.70msec, 실험 후 29.26msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$).

대조군은 실험 전 29.10msec, 실험 후 29.11msec를

보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$)(표 4).

표 4. 비환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 잠복시 비교

Group	Manual	NMES	Control
Pre-test(msec)	30.43±1.33	29.70±1.80	29.10±2.06
Post-test(msec)	30.66±1.44	29.26±2.26	29.11±2.08
p-value	0.774	0.504	1.000

(2) 환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 잠복시 비교

환측의 실험 전 Hoffmann 반사 잠복시는 평균 29.84msec이었으나 실험 후는 평균 29.89msec이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정한 결과는 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 실험 전 30.25msec, 실험 후 30.76msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$).

신경근 전기 자극군은 실험 전 29.81msec, 실험 후 29.36msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$).

대조군은 실험 전 29.26msec, 실험 후 29.25msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$)(표 5).

표 5. 환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 잠복시 비교

Group	Manual	NMES	Control
Pre-test(msec)	30.25±1.73	29.81±2.04	29.26±2.19
Post-test(msec)	30.76±1.54	29.36±2.28	29.25±2.13
p-value	0.456	0.443	0.653

(3) 비환측과 환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 잠복시 비교

비환측과 환측의 실험 전·후 Hoffmann 반사 잠복시를 비교 검정한 결과 통계학적인 유의한 차이는 없었다($p>.01$)(표 6).

표 6. 비환측과 환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 잠복시 비교

Examination period	Side	H-reflex latencies(msec)	p-value
Pre-test	Non-involved	29.83±1.73	0.995
	Involved	29.84±1.93	
Post-test	Non-involved	29.78±1.99	0.781
	Involved	29.89±2.03	

2) Hoffmann 반사 진폭 비교

(1) 비환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 진폭 비교
비환측의 실험 전 Hoffmann 반사 진폭은 평균 1.43mV이었으나 실험 후는 평균 1.69mV이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정 한 결과는 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 실험 전 1.77mV, 실험 후 2.27mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p>.01$).

신경근 전기 자극군은 실험 전 1.06mV, 실험 후 1.31mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p>.01$).

대조군은 실험 전 1.38mV, 실험 후 1.30mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$)(표 7).

표 7. 비환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 진폭 비교

Group	Manual	NMES	Control
Pre-test(mV)	1.77±1.40	1.06±0.71	1.38±1.18
Post-test(mV)	2.27±1.81	1.31±0.44	1.30±0.84
p-value	0.469	0.399	1.000

(2) 비환측 Hoffmann 반사의 진폭 변화율 비교

실험 전과 실험 후 비환측 Hoffmann 반사의 진폭 변화량을 백분율로 환산한 결과 평균 50.25%의 변화율을 보였다. 이를 각 그룹별로 살펴보면 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 평균 32.13%, 신경근 전기 자극군은 평균 111.95%, 그리고 대조군은 평균 0.32%의 변화율을 보여 신경근 전기 자극군의 비환측 Hoffmann 반사 진폭 변화량이 가장 큰 것으로 나타났으나 이들 세 그룹간의 변화율에 대한 검정에서는 통계학적인 유의성이 없었다($p>.01$)(표 8).

표 8. 비환측 Hoffmann 반사의 진폭 변화율 비교

Group	Manual	NMES	Control	p-valus
Percentage of change(%)	32.13±64.04	111.95±214.39	0.32±14.36	0.484

(3) 환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 진폭 비교
환측의 실험 전 Hoffmann 반사 진폭은 평균 3.08mV이었으나 실험 후는 평균 2.61mV이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정 한 결과는 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 실험 전 4.46mV, 실험 후 3.16mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 있었다 ($p<.01$).

신경근 전기 자극군은 실험 전 2.42mV, 실험 후 2.35mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p>.01$).

대조군은 실험 전 1.85mV, 실험 후 2.10mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$)(그림 1).

변화량을 백분율로 환산한 결과 평균 -4.29%의 변화율을 보였다. 이를 각 그룹별로 살펴보면 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 평균 -27.78%, 신경근 전기 자극군은 평균 12.24%, 그리고 대조군은 평균 10.28%의 변화율을 보여 수기적 상호억제군의 환측 Hoffmann 반사 진폭 변화량이 가장 크게 감소한 것으로 나타났으며 이들 세 그룹간의 변화율에 대한 검정에서도 통계학적인 유의한 차이가 있었다 ($p<.01$)(그림. 2).

(4) 환측 Hoffmann 반사의 진폭 변화율 비교

실험 전과 실험 후 환측 Hoffmann 반사의 진폭

(5) 비환측과 환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 진폭 비교

비환측과 환측의 실험 전과 실험 후 Hoffmann 반사의 진폭을 비교 검정한 결과 실험 전·후 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)(그림 3).

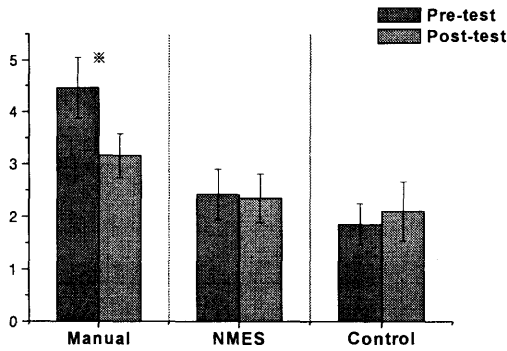


그림 1. 환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 진폭 비교

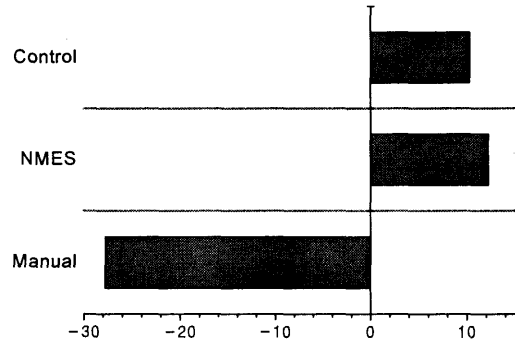


그림 2. 환측 Hoffmann 반사의 진폭 변화율 비교

3. 실험군과 대조군 M-파의 비교

1) M-파의 잠복시 비교

(1) 비환측 M-파의 실험 전·후 잠복시 비교

비환측의 실험 전 M-파의 잠복시는 평균 3.49msec 이었으나 실험 후는 평균 3.35msec이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정 한 결과는 다음과 같다.

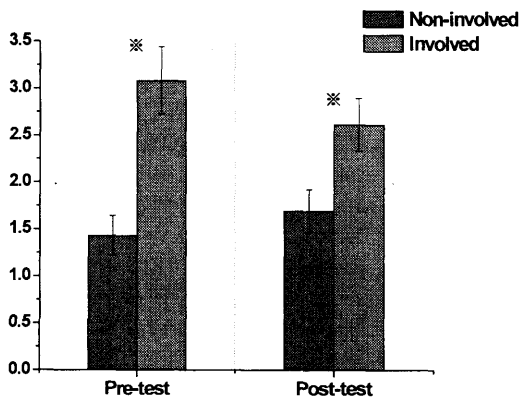


그림 3. 비환측과 환측 Hoffmann 반사의 실험 전·후 진폭 비교

수기적 상호억제군은 실험 전 3.71msec, 실험 후 3.41msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p>.01$). 신경근 전기 자극군은 실험 전 3.23msec, 실험 후 3.20msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$). 대조군은 실험 전 3.50msec, 실험 후 3.46msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다

($p>.01$)(표 9).

표 9. 비환측 M-파의 실험 전·후 잠복시 비교

Group	Manual	NMES	Control
Pre-test(msec)	3.71±0.60	3.23±0.36	3.50±0.36
Post-test(msec)	3.41±0.44	3.20±0.46	3.46±0.52
p-value	0.065	0.963	1.000

(2) 환측 M-파의 실험 전·후 잠복시 비교

환측의 실험 전 M-파의 잠복시는 평균 3.44msec 이었으나 실험 후는 평균 3.35msec이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정 한 결과는 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 실험 전 3.64msec, 실험 후 3.50msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p>.01$).

신경근 전기 자극군은 실험 전 3.20msec, 실험 후 3.16msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p>.01$).

대조군은 실험 전 3.43msec, 실험 후 3.36msec를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다($p>.01$)(표 10).

(3) 비환측과 환측 M-파의 실험 전·후 잠복시 비교

비환측과 환측의 실험 전과 실험 후 M-파 잠복시를 비교 검정한 결과 통계학적인 유의한 차이는 없었다($p>.01$)(표 11).

표 10. 환측 M-파의 실험 전·후 잠복시 비교

Group	Manual	NMES	Control
Pre-test(msec)	3.64±0.48	3.20±0.39	3.43±0.55
Post-test(msec)	3.50±0.46	3.16±0.46	3.36±0.58
p-value	0.215	0.941	0.328

표 11. 비환측과 환측 M-파의 실험 전·후 잠복시 비교

Examination period	Side	M-wave latencies(msec)	p-value
Pre-test	Non-involved	3.49±0.50	0.545
	Involved	3.44±0.49	
Post-test	Non-involved	3.35±0.47	0.919
	Involved	3.35±0.50	

2) M-파의 진폭 비교

(1) 비환측 M-파의 실험 전·후 진폭 비교

비환측의 실험 전 M-파 진폭은 평균 9.81mV이었으나 실험 후는 평균 11.29mV이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정한 결과는 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 실험 전 9.70mV, 실험 후 12.11mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01). 신경근 전기 자극군은 실험 전 11.25mV, 실험 후 13.22mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01). 대조군은 실험 전 8.18mV, 실험 후 7.63mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01)(표 12).

표 12. 비환측 M-파의 실험 전·후 진폭 비교

Group	Manual	NMES	Control
Pre-test(mV)	9.70±3.20	11.25±3.18	8.18±4.37
Post-test(mV)	12.11±4.68	13.22±4.83	7.63±3.58
p-value	0.015	0.188	0.509

(2) 환측 M-파의 실험 전·후 진폭 비교

환측의 실험 전 M-파 진폭은 평균 7.58mV이었으나 실험 후는 평균 8.70mV이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정한 결과는 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 실험 전 8.28mV, 실험 후 9.05mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다

(p>.01).

신경근 전기 자극군은 실험 전 8.95mV, 실험 후 11.38mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01). 대조군은 실험 전 4.82mV, 실험 후 4.82mV를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01)(표 13).

표 13. 환측 M-파의 실험 전·후 진폭 비교

Group	Manual	NMES	Control
Pre-test(mV)	8.28±3.16	8.95±2.76	4.82±2.45
Post-test(mV)	9.05±3.77	11.38±3.98	4.82±2.26
p-value	0.829	0.143	0.939

(3) 비환측과 환측 M-파의 실험 전·후 진폭 비교

비환측과 환측의 실험 전과 실험 후 M-파의 진폭을 비교 검정한 결과 통계학적인 유의한 차이는 없었다(p>.01)(표 14).

표 14. 비환측과 환측 M-파의 실험 전·후 진폭 비교

Examination period	Side	M-wave amplitudes(mV)	p-value
Pre-test	Non-involved	9.81±3.61	0.015
	Involved	7.58±3.25	
Post-test	Non-involved	11.29±4.89	0.063
	Involved	8.70±4.27	

4. 실험군과 대조군의 Hmax/Mmax 비교

1) 비환측 Hmax/Mmax의 실험 전·후 비교

비환측의 실험 전 Hmax/Mmax의 비는 평균 14.94%이었으나 실험 후는 평균 17.04%이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정한 결과는 다음과 같다. 수기적 상호억제군은 실험 전 16.83%, 실험 후 17.58%를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01). 신경근 전기 자극군은 실험 전 9.51%, 실험 후 11.54%를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01). 대조군은 실험 전 18.87%, 실험 후 23.12%를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01)(표 15).

표 15. 비환측 Hmax/Mmax의 실험 전·후 비교

Group	Manual	NMES	Control
Pre-test(%)	16.83±8.98	9.51±5.83	18.87±12.47
Post-test(%)	17.58±9.95	11.54±5.84	23.12±12.87
p-value	0.703	0.291	0.038

2) 비환측의 Hmax/Mmax 변화율 비교

실험 전과 실험 후 비환측의 Hmax/Mmax 변화량

표 16. 비환측의 Hmax/Mmax 변화율 비교

Group	Manual	NMES	Control	p-value
Percentage of change(%)	5.13±37.96	82.80±179.09	3.78±12.32	0.398

3) 환측 Hmax/Mmax의 실험 전·후 비교

환측의 실험 전 Hmax/Mmax의 비는 평균 42.07%이었으나 실험 후는 평균 33.96%이었다. 이를 각 그룹별로 전·후 비교 검정 한 결과는 다음과 같다. 수기적 상호억제군은 실험 전 55.58%, 실험 후 36.18%를 보여 통계학적인 유의한 차이가 있었다(p<.01). 신경근 전기 자극군은 실험 전 27.11%, 실험 후 20.38%를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01). 대조군은 실험 전 43.37%, 실험 후 47.62%를 보여 통계학적인 유의한 차이가 없었다(p>.01)(그림 4).

을 백분율로 환산한 결과 평균 30.66%의 변화율을 보였다. 이를 각 그룹별로 살펴보면 다음과 같다.

수기적 상호억제군은 평균 5.13%, 신경근 전기 자극군은 평균 82.80%, 그리고 대조군은 평균 3.78%의 변화율을 보여 신경근 전기 자극군의 Hmax/Mmax 변화량이 가장 크게 증가한 것으로 나타났으나 이들 세 그룹간의 변화율에 대한 검정에서 통계학적인 유의한 차이는 없었다(p>.01)(표 16).

4) 환측의 Hmax/Mmax 변화율 비교

실험 전과 실험 후 환측의 Hmax/Mmax 변화량을 백분율로 환산한 결과 평균 -12.64%의 변화율을 보였다. 이를 각 그룹별로 살펴보면 다음과 같다. 수기적 상호억제군은 평균 -31.62%, 신경근 전기 자극군은 평균 -8.58%, 그리고 대조군은 평균 8.41%의 변화율을 보여 수기적 상호억제군의 Hmax/Mmax 변화량이 가장 크게 감소한 것으로 나타났으며 이들 세 그룹간의 변화율에 대한 검정에서도 통계학적인 유의한 차이가 있었다(p<.01)(그림 5).

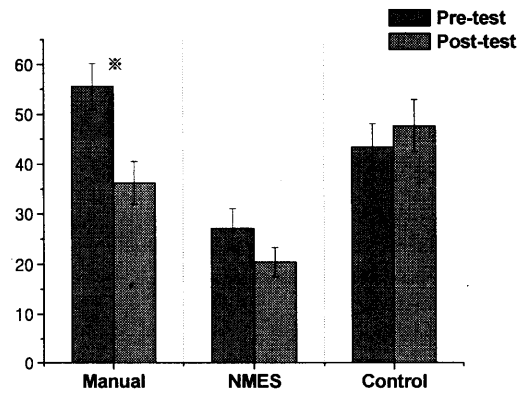


그림 4. 환측 Hmax/Mmax의 실험 전·후 비교

5) 비환측과 환측 Hmax/Mmax의 실험 전·후 비교

실험 전과 실험 후 비환측과 환측의 Hmax/Mmax를 비교 검정한 결과 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01)(표 17)(그림 6).

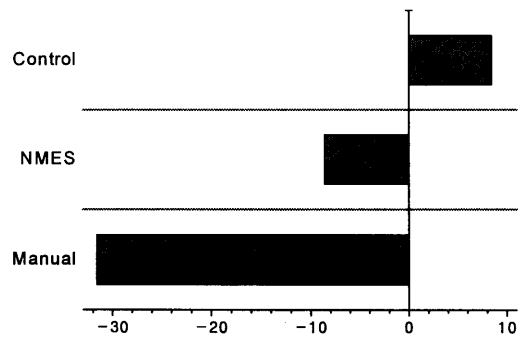


그림 5. 환측의 Hmax/Mmax 변화율 비교

표 17. 비환측과 환측 Hmax/Mmax의 실험 전·후 비교

Examination period	Side	Hmax/Mmax ratios(%)	p-value
Pre-test	Non-involved	14.94±9.72	0.000
	Involved	42.07±23.59	
Post-test	Non-involved	17.04±10.43	0.000
	Involved	33.96±21.29	

5. 수정된 Ashworth 척도 변화율 비교

실험 전과 실험 후 수정된 Ashworth 척도 변화 정도를 백분율로 환산한 결과 수정된 Ashworth 척도는 평균 -8.33%의 변화율을 보였다. 이를 각 그룹 별로 살펴보면 다음과 같다.

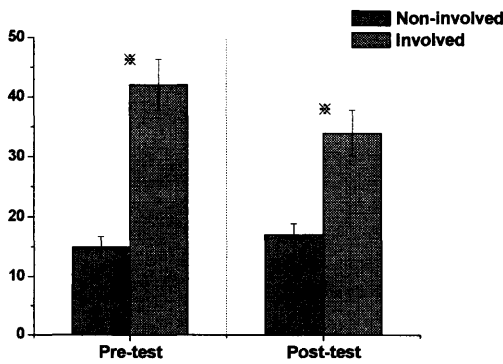


그림 6. 비환측과 환측 Hmax/Mmax의 실험 전·후 비교

수기적 상호억제군은 평균 -18.75%, 신경근 전기 자극군은 평균 -2.50%, 그리고 대조군은 평균 0.00%의 변화율을 보였으며 이들 세 그룹간의 수정된 Ashworth 척도 변화율에 대한 검정에서 통계학적인 유의한 차이가 있었으며(p=.002) 수기적 상호억제군의 수정된 Ashworth 척도 변화율이 가장 크게 감소한 것으로 나타났다(그림 7).

IV. 고찰

현대 사회는 인간의 평균 수명이 연장됨에 따라 뇌졸중의 발생률이 점차 증가하고 있으며 의학의 발달로 인해 뇌졸중 후 생존율도 증가하고 있다. 따라서 뇌졸중에서 생존한 환자들의 장애를 최소화 시키

고 인간으로서의 품위를 유지하면서 삶을 영위 할 수 있는 독립적인 일상생활로의 복귀는 물리치료학계의 주된 관심 사항이 되고 있다.

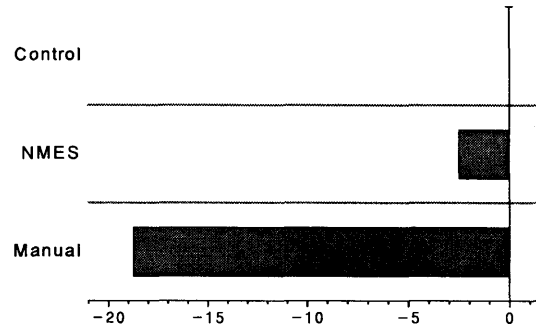


그림 7. 수정된 Ashworth 척도 변화율 비교

뇌졸중 후 흔히 경직성 마비가 나타나는데 경직은 환자들의 조화로운 운동과 섬세한 운동 등의 수의적 운동기능에 문제를 야기한다. 즉, 경직으로 인해 인간의 동작은 제한을 받게되고 기능적인 면에서 문제가 야기된다.

신경생리학적으로 신경 지배에 있는 근육들은 근 긴장을 지속적으로 가지고 있는데 근 긴장의 출현에는 근육 조직, 신경근 접합부, 말초신경, α 및 γ 운동 신경, 척수 개재 신경과 운동 중추로서의 대뇌피질, 기저핵, 중뇌 및 뇌간 망상체, 소뇌, 전정부 등이 관여하고 있다. 따라서 경직의 발생 기전에도 이들의 문제가 연관되어 있을 것으로 추측되어지고 있다.

경직의 발생 기전은 크게 뇌 화학적 발생 기전설과 신경생리학적 발생 기전설이 있으며 이중 신경생리학적 발생 기전설에는 경직을 동적 γ-운동 신경(dynamic γ-motoneuron)의 활동성이 높아진 상태라고 생각하는 γ-운동 신경 항진설, 경직을 척수 전각 세포의 α-운동 신경원의 기능 항진에 의한 것으로 보는 α-운동 신경 항진설, 연접전 억제의 감약설, 회귀성 억제의 감약설 등이 있는데(細田多穂와 柳澤 健, 2000) 본 연구는 경직의 신경생리학적 발생 기전 중 α-운동 신경 항진설에 주목하여 근육의 등척성 수축 이후 척수 개재 신경원의 작용에 의한 근육의 α-운동 신경원 이완을 주 목적으로 하는 치료법인 상호 억제 기법이 비복근의 경직을 억제하는지의 유무를 살펴보고자 하였다.

본 연구를 수행하기 전 연구자는 연구 대상자들의 경직 수준 정도를 알아보기 위해 사전 검사로서 수정된 Ashworth 척도를 이용하여 경직 정도를 알아 보았는데 실험군 및 대조군 모두 유의한 차이를 보이지 않아 동일 수준의 경직 정도를 가진 뇌졸중 환

자를 대상으로 본 연구가 수행되었음을 알 수 있다.

Hoffmann 반사가 발견된 이래, 이에 관한 수많은 연구가 보고 되고 있으며 그 응용에 관해서도 갖가지 논란이 이어져 오고 있으나 Hoffmann 반사의 임상적 의의는 좌, 우측 잠복시 비교를 통한 제 1 천추 신경근(S1 root) 수준의 신경근 질환(radiculopathy)의 진단과 Hoffmann 반사의 진폭과 M-파의 진폭비를 이용한 경직의 객관적인 평가라고 할 수 있을 것이다. 1950년 Magladery와 McDougal은 반사 연구를 하면서 먼저 나타난 반응을 M-파라고 명명하였고 그 다음에 나타난 반응을 H-파라고 명명하였다.

Hoffmann 반사를 시행할 경우 차차 자극 강도를 올리기 시작하면 먼저 H-파가 나타나기 시작하는데 이후 계속해서 자극 강도를 높이면 H-파의 진폭이 증가하면서 M-파도 나타나기 시작한다. Hoffmann 반사의 특징은 그 이후에 나타나는데 자극 강도를 더 높이면 H-파의 진폭은 작아지거나 없어지면서 M-파의 진폭은 커지기 시작한다.

H-파가 감소되거나 소실되는 이러한 현상은 운동 신경 축삭(axon)의 역행성 충격(antidromic impulse)과 반사에 의해 야기된 정행성 충격(orthodromic impulse)의 충돌, 혹은 역행성 충격이 척수 전각 세포를 탈분극 시켜 불응기(refractory period)에 들어가기 때문으로 여겨진다(박규현, 1986; 김진호, 1983; Oh, 1992).

Hoffmann 반사에서 측정 가능한 여러 항목들 중 잠복시는 말초신경병변과 제 1 천추 신경근 이상 유무를 판별하는 지표가 된다. 잠복시는 연구자들마다 약간의 차이를 보이는데 이러한 차이의 원인은 검사자의 숙련도, 기록 매개 변수의 차이 등이 원인으로 여겨지며 또 다른 원인으로서는 다리 길이에 의해 차이가 고려되어진다(김호봉 등, 1998; Oh, 1992).

본 연구의 Hoffmann 반사 잠복시는 실험 전·후 비환측이 29.10msec~30.43msec, 29.11msec~30.66msec 그리고 환측이 실험 전·후 29.26msec~30.25msec, 29.25msec~30.76msec를 보여 실험 전과 후 그리고 비환측과 환측간에 차이가 없었는데 이는 김호봉 등(1998)이 보고한 24msec~32msec, 김진호(1983)와 박규현(1986)의 28.5msec나 29.8msec, 이은용 등(1983)의 28.53 msec, 이정우와 김태열(2003)의 31.42msec~31.63msec, Oh(1992)의 25msec~35msec, 그리고 Kimura(1989)가 보고한 29.5msec와 유사한 결과를 보여 실험군과 대조군 모두 제 1 천추 신경근 이상이나 말초신경 병변이 없는 것을 알 수 있다.

그러나 이정우와 김태열(2003)은 하퇴 삼두근 근복을 전기 자극한 경우와 전경골근과 하퇴 삼두근을

동시에 전기 자극한 경우 Hoffmann 반사의 잠복시가 전기 자극 적용 직후와 적용 20분 후 유의한 증가를 보였다고 보고하였으며 이청기 등(1993)도 경골 신경과 제 1 천추 주위를 경피 신경 자극 치료기(transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS)와 간섭파 치료기(interference current)를 이용하여 전기 자극한 결과 잠복시가 유의하게 증가 하였다고 보고하여 전기 자극을 시행한 NMES군에서 잠복시의 변화를 보이지 않은 본 연구의 결과와 약간의 차이를 보였다. 이러한 차이는 두 연구 모두 건강한 성인을 대상으로 연구를 수행하였고 잠복시의 사후 측정도 전기 자극을 시행한 직후에 수행하여 성인 뇌졸중 환자를 연구 대상으로 하고 잠복시의 사후 측정도 전기 자극을 수행한 후 24시간이 지난 다음 수행한 본 연구와 대상자 및 잠복시 사후 측정 시점에서 차이를 보여, 이러한 요인에 의한 차이로 사료되고 두 연구 모두 잠복시의 사후 측정 후 추수 관찰(follow up)이 이루어지지 않아 정확한 차이를 비교할 수 없는 문제가 있었다. 또한 두 연구 모두 측정 전·후 잠복시의 차이가 0.44msec~0.61msec와 0.41msec~0.84msec를 보여 동일 대상자에서 좌, 우측 하지의 잠복시가 1.2msec~1.5msec 이상 차이를 보일 경우에만 임상적인 의미가 있다고 보는 점에 비춰 볼 때(박규현, 1986; Oh, 1992) 임상적인 의미를 가지는 변화로는 보기 어려울 것으로 사료되며 차후 시간 경과에 따른 Hoffmann 반사 잠복시의 변화 추이에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 경직의 평가를 수정된 Ashworth 척도, Hoffmann 반사의 최대 진폭과 M-파의 최대 진폭비로 평가하였다. 이중 Hoffmann 반사와 M-파 진폭비의 증가는 경직의 증가를 의미하고 진폭비의 감소는 경직의 감소를 의미하는데 Hoffmann 반사와 M-파의 최대 진폭비로 경직을 평가하는 이러한 방법은 M-파의 진폭 변화와 Hoffmann 반사의 진폭 변화에 따라 진폭비가 영향을 받을 수 있다. 예를 들어, Hoffmann 반사의 진폭 변화가 없어도 M-파의 진폭이 증가하게 되면 진폭비는 감소하게 되고 M-파의 진폭이 감소하게 되면 진폭비는 증가하게 된다. 반면 M-파의 변화가 없는 경우, 반사 활동의 증가를 직접적으로 나타내는 Hoffmann 반사의 진폭이 증가하게 되면 진폭비는 증가하게 되고 Hoffmann 반사의 진폭이 감소하게 되면 진폭비는 감소하게 된다(Hardy 등, 2002). 이에 본 연구는 M-파의 진폭과 Hoffmann 반사의 진폭을 따로 측정 후 통계학적으로 분석하여 M-파가 Hoffmann 반사와 M-파의 최대 진폭비에 영향을 미치는지를 알아보고자 하였

다.

본 연구에서 M-파의 잠복시는 비환측의 경우 3.20msec~3.71msec, 환측은 3.16msec~3.64msec를 보여 비환측과 환측의 잠복시에는 차이가 없는 것으로 나타나 뇌졸중으로 인한 M-파의 잠복시 변화는 없는 것을 알 수 있었다. 노진이와 박영옥(1992)은 평균 연령이 33.3세인 건강한 성인을 대상으로 Hoffmann 반사를 연구한 결과 M-파의 잠복시가 표면 전극을 이용하여 측정된 경우는 4.07msec~6.01msec, 침전극을 이용하여 측정된 경우는 4.02msec~5.92msec라고 보고하여 본 연구 결과와 거의 유사하였으나 큰 값에서는 약간의 차이를 보였는데 이러한 차이는 피검자의 신장 차이로 여겨진다. 즉, 노진이와 박영옥(1992)의 연구에서 피검자의 평균 신장이 167cm로 본 연구에 참여한 연구 대상자들 보다 평균 6cm가 컸다. 따라서 신장의 차이로 인한 다리 길이의 차이에 의해 M-파의 잠복시에서 일부 차이를 보이는 것으로 여겨진다.

본 연구에서 M-파의 진폭은 비환측의 경우 7.63mV~13.22mV, 환측의 경우 4.82mV~11.38mV로 나타나 비환측과 환측의 차이가 없는 것으로 나타나 뇌졸중과 같은 상위운동 신경원의 손상이 M-파의 진폭에는 별 다른 영향을 미치지 못함을 알 수 있다. 또한 본 연구에서는 증재 전·후 M-파의 진폭에도 변화가 없었는데 이러한 결과는 Hardy 등(2002)이 발목 관절 배측 굴곡근과 저측 굴곡근을 각각 역치 수준으로 전기 자극한 경우와 운동 역치의 1.5배로 전기 자극한 경우 모두에서 M-파의 진폭 변화가 없었다고 보고한 연구 결과와 일치한다. 따라서 전기 자극을 이용한 상호 억제 기법의 경우 전기 자극 강도나 전기 자극의 위치는 M-파의 진폭에는 별다른 영향을 미치지 못하는 것으로 여겨진다. Leonard 등(1998)은 전경골근을 수축 시킨 결과 건강한 피검자나 상위 운동 신경원의 손상을 가진 피검자 모두에서 M-파의 진폭 변화는 없었다고 보고 하였으며 Cheng 등(1998)도 정적 운동이나 동적 운동 모두에서 M-파의 변화는 없었다고 보고하여 본 연구와 같은 결과를 보였는데 이는 수기적인 방법을 이용한 상호 억제 기법의 경우도 수축을 하는 근육이 어떤 근육이든지 또는 수축 근육의 수축력이 어느 정도이든지 M-파의 진폭에는 별다른 영향을 미치지 못하는 것으로 사료된다. 그러므로 M-파의 진폭은 여러 외인적인 요인에 별다른 영향을 받지 않고 비교적 일정하게 유지되는 것으로 여겨진다.

노진이와 박영옥(1992)은 M-파의 진폭을 표면 전극을 이용하여 측정된 경우는 11.97mV~15.62mV,

침전극을 이용하여 측정된 경우는 11.38mV~21.52mV라고 보고하여 본 연구보다 약간 진폭이 큰 것으로 나타났으나 이러한 차이는 대상자의 연령에 의한 차이로 여겨진다. 즉, M-파는 Hoffmann 반사를 얻기 위해 후경골 신경을 정행성으로 자극 할 때 자극 강도를 높임으로 경골 신경이 자극되어 나타나는 하퇴 삼두근의 복합근 활동 전위(compound muscle action potentials; CMAP)이므로 M-파의 진폭은 비복근의 운동 단위의 동원 정도를 나타내는 지표로 생각할 수 있을 것이다. 따라서 M-파의 진폭은 노화에 따라 감소 할 것으로 여겨지는데 본 연구의 대상자들은 노진이와 박영옥(1992)의 연구 대상자들 보다 평균 연령이 28세 많아 본 연구의 진폭이 다소 낮게 측정된 것으로 사료된다.

Funase 등(1996)은 Hoffmann 반사의 최대 진폭과 M-파의 최대 진폭비가 안정시 운동 신경원 저장소의 흥분 정도를 평가하는 유용한 방법이라고 언급하면서 Hoffmann 반사의 임상적인 가치를 강조하고 있다. 본 연구에서도 Hoffmann 반사의 진폭과 M-파와의 최대 진폭비를 비환측을 환측과 비교한 결과 양측의 진폭이 실험 전과 후 모두 유의한 차이를 보였는데 이러한 결과는 백천호 등(1997)과 Okuma 등(1999)의 결과와 같았다. 따라서 Hoffman 반사 검사에 의한 경직의 평가 방법이 전기 생리학적으로 유용하게 사용 될 수 있는 객관적인 평가 방법임을 확인 할 수 있었다.

본 연구에서 Hoffmann 반사의 진폭은 비환측의 경우 실험 전·후 평균 1.43mV~1.69mV의 변화를 보여 실험군과 대조군 모두 유의한 차이가 없었는데 한태륜 등(1991)은 20대 건강한 한국 성인의 Hoffmann 반사 진폭은 4.18mV~5.98mV라고 보고 하였고 Boormann 등(1996)은 19세~48세 사이의 건강한 성인의 경우 9.2mV라고 보고 하여 본 연구 결과와 차이를 보였으나 Garrett와 Caulfield(2001)는 55세~80세 사이의 건강한 성인의 경우 0.7mV~2.1mV라고 보고하여 본 연구와 유사 하였다. 이러한 Hoffmann 반사 진폭의 차이는 신경 자극에 의한 근 섬유 흥분 정도 차이 때문으로 사료된다. 즉, 노화에 따른 운동 단위 동원의 차이에 의한 것으로 여겨지는데 본 연구에 참여한 연구 대상자의 평균 연령은 61세로 한태륜 등(1991)의 연구나 Boormann 등(1996)의 연구 대상자들과는 연령 차이가 커서 진폭의 차이를 보인 것으로 사료된다. 따라서 Garrett와 Caulfield(2001)의 연구가 본 연구와 비교적 비슷한 연령대를 그 대상으로 하여 유사한 결과를 보인 것으로 여겨진다.

현대에 들어서면서 인체에 대한 전기의 이용이 급격히 증가하고 있으며 인체의 전도성 조직에 전기 자극을 가하여 치료 효과를 얻으려는 시도가 다양하게 이루어지고 있는데(이청기 등, 1993) 본 연구에서도 신경근 전기 자극에 의한 경직의 완화 유무를 알아보고자 경직 정도의 전기 생리학적 지표인 Hoffmann 반사의 진폭과 진폭 변화율 그리고 M-파와의 최대 진폭비를 측정하였다. 본 연구에서 환측의 Hoffmann 반사 진폭과 진폭 변화율 그리고 M-파와의 최대 진폭비는 실험 전·후 신경근 전기 자극을 시행한 NMES군과 치료적 중재를 하지 않은 대조군에서 유의한 차이가 없었는데 이정우와 김태열(2003)도 하퇴 삼두근을 전기 자극한 경우와 전경골근과 하퇴 삼두근을 동시에 전기 자극한 경우에는 전기 자극을 적용한 직후, 그리고 전기 자극 20분 후에 Hoffmann 반사의 진폭과 M-파와의 최대 진폭비가 감소하였으나 전경골근을 전기 자극한 경우는 Hoffmann 반사의 진폭과 M-파와의 최대 진폭비는 변화가 없었다고 보고 하였으며 Hardy 등(2002)도 운동 역치의 1.5배나 감각 역치 정도의 자극 강도로 배측 굴곡근을 전기 자극한 경우 Hoffmann 반사의 진폭 변화율에는 유의한 차이가 없었다고 보고하여 본 연구 결과와 동일한 결과를 보였다. King(1996) 또한 뇌졸중 환자의 경직이 있는 수근 굴근에 직접 전기 자극을 한 경우에 근 경직이 감소하였다고 보고하면서 그 원인으로 근 피로도의 증가와 골지건 기관의 자가 억제제를 들었다. 그러므로 신경근 전기 자극으로 경직이 항진된 근육의 길항근을 자극하는 방법 보다는 경직이 항진된 근육을 직접 전기 자극하는 것이 보다 바람직 할 것으로 여겨지나 전기 자극 방법과 조건은 경직의 종류, 원인 질병, 개인차 등을 고려해야 할 것이다. 따라서 향후 자극 부위, 자극 강도 그리고 자극 시간에 따른 차이와 전기 자극에 의한 경직의 완화 효과가 일과성인지 항구적인 변화를 유발하는지에 관한 연구가 수행 되어야 할 것으로 사료된다.

길항근 사이의 상호 억제는 신경학적인 바탕에서 이루어지는 운동 조절의 기본으로 상호 억제의 붕괴는 경직의 중요한 특징이다(Lavoie et al., 1997). Leonard 등(1998)은 정상 성인과 뇌성마비나 뇌졸중으로 인한 경직성 편마비 환자를 대상으로 전경골근을 수축 시킨 후 Hoffmann 반사를 측정한 결과 Hoffmann 반사의 진폭이 감소하였으나 경직성 편마비 환자의 경우 진폭 변화는 일시적이었다고 보고 하였다. Hwang 등은(2002) 경골 앞쪽 근육을 수축 시킨 결과 Hoffmann 반사의 진폭이 감소하였고 이

는 운동 신경원의 흥분이 점진적으로 감소한 결과라고 하였으며 Lavoie 등(1997)도 전경골근의 수의적 수축이 증가함으로써 Hoffmann 반사의 선형적인 감소가 있었다고 보고하였다. 한편 Morita 등(2001)도 최대 수의적 수축의 20%로 배측 굴곡을 시킬 때 Hoffmann 반사가 억제되었고 저축굴곡을 시킬 때는 Hoffmann 반사가 촉진 되었다고 보고하였으며 김원호(1997)도 뇌성마비 아동을 대상으로 길항근 수축 등 경직 억제 기술을 교대로 적용한 후 하퇴 삼두근의 경직을 근전도로 측정한 결과 경직이 감소함을 보였다고 보고하였다. 이러한 결과들은 본 연구의 manual군에서 경직의 완화를 의미하는 수정된 Ashworth 척도, Hoffman 반사 진폭 그리고 Hoffman 반사와 M-파의 최대 진폭비가 감소한 소견과 일치하는 결과로 사료된다. 이러한 결과가 나타난 원인은 상호 억제 기법을 적용할 때 전경골근의 수축으로 인해 자극된 Ia 구심성 섬유가 척수로 들어가 연결을 하는 과정에서 개재 신경원을 자극하게 되고 이때 분비되는 억제성 신경 전달 물질의 분비가 증가하여 비복근의 운동 신경원 흥분을 억제한 것으로 여겨진다. 따라서 길항근의 등척성 수축을 통한 상호 억제 기법의 적용이 주동근의 경직을 완화시킬 수 있을 것으로 기대된다. 그러므로 상호 억제 기법이 임상적 물리치료 환경에서 비교적 손쉽게 적용될 수 있도록 환자 보호자나 가족들에게 교육할 수 있는 체계적인 운동 프로그램의 확립이 필요할 것으로 사료된다.

이상과 같은 결과로서 수기적인 방법을 이용한 상호 억제 기법은 비복근의 Hoffmann 반사 진폭과 M-파와의 진폭비 감소를 가져오는 것을 알 수 있다. 이는 비복근 α -운동 신경원의 흥분 정도를 감소시켜 하퇴 삼두근의 경직을 억제함을 의미한다고 할 수 있다. 그러므로 향후 효과적인 상호 억제 기법 적용 프로그램의 개발을 위해 적용 근육, 적용 시점, 적용 기간, 적용 절차 등을 보다 객관적으로 제시할 수 있는 다방면의 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 상호억제기법이 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 경직 완화에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 본 연구의 수행을 위해 뇌졸중으로 인한 편마비 환자 45명을 수기적인 방법에 의한 상호억제 프로그램 적용군, 신경근 전기 자극에 의한

상호억제 프로그램 적용군 그리고 대조군으로 무작위 배정하였다. 수기적 상호억제군은 수기적인 방법에 의한 상호억제 프로그램을 15분씩 주당 5회, 3주간 실시하였으며 신경근 전기 자극군은 신경근 전기 자극에 의한 상호억제 프로그램을 전경골근 부위에 15분씩 주당 5회, 3주간 실시하였다. 대조군은 어떠한 처치도 하지 않았다.

경직의 완화 정도를 평가하기 위해서는 실험 전·후에 수정된 Ashworth 척도를, 비복근 α -운동 신경원 흥분성 변화를 전기생리학적으로 분석하기 위해 근전도를 이용한 Hoffmann 반사와 M-파를 측정하였다. 본 연구를 완전히 끝낸 연구 참여자는 총 30명으로 이들로부터 구한 자료를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험 전·후 수정된 Ashworth 척도를 비교한 결과 수기적 상호억제군의 경직이 유의하게 개선된 소견을 보였다.
2. 실험 전·후 Hmax/Mmax를 비교한 결과 수기적 상호억제군의 비복근 α -운동 신경원 흥분성이 유의하게 감소된 소견을 보였다.
3. 실험 전·후 수정된 Ashworth 척도를 비교한 결과 신경근 전기 자극군의 경직에는 유의한 차이가 없었다.
4. 실험 전·후 Hmax/Mmax를 비교한 결과 신경근 전기 자극군의 비복근 α -운동 신경원 흥분성에는 유의한 차이가 없었다.

상기 본 연구의 결과를 종합해보면, 수기적 상호억제군의 경직과 비복근 α -운동 신경원 흥분성이 유의하게 감소했음을 알 수 있다. 즉, 전경골근의 수의적인 등척성 수축을 유도하는 상호억제기법이 뇌졸중으로 인한 경직성 편마비 환자의 비복근 α -운동 신경원의 흥분을 억제하여 경직을 개선할 수 있다는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

강세윤, 박경희, 이숙자, 등. 신경근 병변의 H-Reflex의 의의. 대한재활의학회지. 1984;8(2):115-119.
 김우겸. 중추신경생리학. 서울 : 도서출판 생명의 이치. 1988.
 김원호, 박용택, 황성연, 권혁철. 비복근의 고유수용성 신경근육 촉진법과 정적 신장에 대한 효과 비교. 대한전문물리치료학회지.

1995;2(2):56-65.
 김원호. 경피신경자극치료와 경직억제기술이 뇌성마비의 경직에 미치는 효과. 한국전문물리치료학회지. 1997;4(1):70-77.
 김은이, 김봉옥, 윤승호 등. 요천추 신경근 병변에서의 H반사 검사의 진단적 가치. 대한재활의학회지. 1990;14(2):219-226.
 김진호. Reflex test의 임상적 의의. 가톨릭대학 대학원 제8회 단기의학 강좌 강의록. p18-30.
 김호봉, 박영한, 배성수. 근전도와 신경전도 검사의 임상적 응용. 대한물리치료학회지. 1998;10(1):199-212.
 노진이, 박영옥. 장딴지근으로 부터의 H반사에서 기록 전극의 최적 위치. 대한재활의학회지. 1992;16(3):295-301.
 문재호, 신정순. 요통 환자에 대한 H Reflex Study의 임상적 의의. 대한재활의학회지. 1982;6(2):55-59.
 박규현. 후기 반응의 임상 응용. 대한신경과학회 보수교육 자료집. p18-37, 1986.
 백천호, 소성욱, 김희상 등. 뇌졸중 환자의 경직감소를 위한 경피적 신경 자극술과 침술의 효과. 대한재활의학회지. 1997;21(6):1088-1097.
 이은용, 한태륜, 오세윤. 정상 한국인의 H 반사에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1983;7(1):29-35.
 이정우, 김태열. 신경근 전기 자극에 의한 H 반사의 변화. 대한물리치료사학회지. 2003;10(1):65-73.
 이청기, 강안기, 박현 등. 전기자극치료가 인체에 미치는 영향(I): 전기생리학적 평가. 대한재활의학회지. 1993;17(2):235-243.
 정병옥, 권영실, 김진상. 신경근 전기자극이 뇌졸중 환자의 주관절 굴곡근 경직에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 1999;11(3):89-96.
 최진호, 김진상, 김한수. 경직에 대한 한냉치료의 효과. 대한물리치료학회지. 1997;9(1):167-175.
 통계청. 2002년 사망원인별 통계 보고서. <http://www.nso.go.kr>. 2004
 한국보건사회연구원. 2001 국민 건강·영양 조사. 서울 : 한국보건사회연구원. 2002.
 한태륜, 신희석, 방문석. H반사 표준화에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1991;15(2):171-178.
 한태륜, 김진호, 백남종. H반사의 새로운 진단 기준에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1993;17(40):473-482.
 細田多穂, 柳澤 健. 물리치료대백과사전(장정훈 등 40인 역). 서울 : 도서출판 나눔의 집. 2001.
 Alfieri V. Electrical treatment of spasticity: reflex tonic activity in hemiplegic patients and

- selected specific electrostimulation. *Scand J Rehab Med.* 1982;14:177-182.
- Anderson CS, Jamrozik KD, Burvill PW, et al. Ascertaining the true incidence of stroke : experience from the Perth Community Stroke Study, 1989-1990. *Medical Journal of Australia.* 1993;158:80-84.
- Bajd T, Gregoric M, Vodovnik L, et al. Electrical stimulation in treatment spasticity resulting from spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985;66:515-517.
- Bishop B. Vibratory stimulation. Part I. Neurophysiology of motor responses evoked by vibratory stimulation. *Phys Ther.* 1974;54:1273-1282.
- Bishop B. Vibratory stimulation. Part II. Vibratory stimulation as an evaluation tool. *Phys Ther.* 1975a;55:28-34.
- Bishop B. Vibratory stimulation. Part III. Possible applications of vibration in treatment of motor dysfunctions. *Phys Ther.* 1975b;55:139-143.
- Boorman GI, Lee RG, Becker WJ, et al. Impairment "natural reciprocal" in patient with spasticity due to incomplete spinal injury. *Electroencephalogr and Clin Neurophysiol.* 1996;101:84-92.
- Braddom RL, Johnson EW. Standardization of H reflex and diagnostic use in S1 radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil.* 1974;55:161-166.
- Burke D, Gracies JM, Meunier S, et al. Change in presynaptic inhibition of afferents to propriospinal-like neurons in man during voluntary contractions. *J Physiology (London).* 1992;449:673-687.
- Chaitow L. 근에너지 기법. (김선엽, 박지환, 황성수 역). 서울 : 영문출판사. 2001.
- Cheng J, Brooke JD, Misiaszek JE, et al. Crossed inhibition of the soleus H reflex during passive pedalling movement. *Brain Research.* 1998;779:280-284.
- Damiano DL, Abel MF. Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79:119-125.
- Engardt M, Knutsson E, Jonsson M, et al. Dynamic muscle strength training in stroke patients : effects on knee extension torque, electromyographic activity, and motor function. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76:419-425.
- Funase K, Higashi T, Yoshimura T, et al. Evident difference in the excitability of the motorneuron pool between normal subjects and patients with spasticity assessed by a new method using H-reflex and M-response. *Neuroscience Letters.* 1996;203:127-130.
- Garrentt M, Caulfield B. Increased Hmax:Mmax ratio in community walkers poststroke without increased in ankle plantarflexion during walking. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:1066-1072.
- Gilman S, Newman S. 필수 신경생리 해부학. (김진수와 이명식). 서울, 영문출판사. 2000.
- Gok H, Kucukdeveci A, Altinkaynak H, et al. Effects of ankle-foot orthoses on hemiparetic gait. *Clinical Rehabilitation.* 2003;17:137-139.
- 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.
- Hardy P, Spalding TB, Liu H, et al. The effect of transcutaneous electrical stimulation on spinal motor neuron excitability in people without known neuromuscular diseases: The role of stimulus intensity and location. *Phys Ther.* 2002;82:354-363.
- Hultborn HM, Illert M, Santini M. Convergence on interneurons mediating the Ia reciprocal inhibition of Ia inhibitory interneuron. I. Disynaptic Ia inhibition of Ia Inhibitory interneurons. *Acta Physiologica Scandinavia.* 1976a;96:193-201.
- Hultborn HM, Illert M, Santini M. Convergence on interneurons mediating the Ia reciprocal inhibition of Ia inhibitory interneuron. III. Effects from supraspinal pathways, *Acta Physiologica Scandinavia.* 1976b;96:368-391.
- Hwang IS, Lin YC, Ho KY. Modulation of soleus

- reflex amplitude and variance during pretibia contraction-effects of joint position and effort level. *Intern J Neuroscience*. 2002;112:623-638.
- Kimura J. *Electrodiagnosis in disease of nerve and muscle: Principle and practice*. F.A. Davis Co. Philadelphia. 1989.
- King TI. The effect of neuromuscular electrical stimulation in reducing tone. *Am J Occup Ther*. 1996;50:62-64.
- Koelman JHTM, Bour AAJ, Hilgevoord GJ, et al. Soleus H-reflex tests and clinical signs of the upper motoneuron syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatr*. 1993;56:776-781.
- Lavoie B, Devanne H, Capaday C. Differential control of reciprocal inhibition during walking versus postural and voluntary motor tasks in humans. *J Neurophysiol*. 1997;78:429-438.
- Leonard CT, Diedrich P, Matsumoto T, et al. H-reflex modulations during voluntary and automatic movements following upper neuron damage. *Electroencephalogr and Clin Neurophysiol*. 1998;109:475-483.
- Leonard CT. *The neuroscience of human movement*. Mosby. St. Louis. 1998.
- Leonard CT, Sandholdt DY, McMillan JA. Long-latency contributions to reciprocal inhibition during various levels of muscle contraction. *Brain Research*. 1999;817:1-12.
- Leone JA, Kukulka CG. Effects of tendon pressure on alpha motoneuron excitability in patients with stroke. *Phys Ther*. 1988;68:475-480.
- Morita H, Crone C, Christenhuis D, et al. Modulation of presynaptic inhibition and disynaptic reciprocal Ia inhibition during voluntary movement in spasticity. *Brain*. 2001;124:826-837.
- Oh shin J. *Clinical electromyography : Nerve conduction studies*. Lippincott, Williams & Wilkins. Baltimore. 2nd ed. 1992.
- Okuma Y, Ohi K, Lee RG, et al. Effects of test H-reflex size on reciprocal inhibition in forearm muscles. *Clinical Neurophysiology*. 1999;110:2194-2196.
- O'Sullivan SB. Stroke. In : O'Sullivan, S.B., & Schmitz, T.J. *Physical Rehabilitation : Assessment and treatment*. FA DAVIS Co. Philadelphia. 3rd ed. p327-360, 1994.
- Pohl M, Rukriem S, Mehrholz J, et al. Effectiveness of serial casting in patients with severe cerebral spasticity: A comparison study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83:784-790.
- Price R, Lehmann JF, Boswell-Bessette S, et al. Influence of cryotherapy on spasticity at the human ankle. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74:300-304.
- Robinson CJ, Kett NA, Bolam JM. Spasticity in spinal and injured patients : short-term effects of surface electrical stimulation. *Arch Phy Med Rehabil*. 1988;69:598-604.
- Shindo M, Yanagawa S, Hiroshi M, et al. Increased in reciprocal Ia inhibition during antagonist contraction in the human leg : A study of motor units and the H-reflex. *J Physiology(London)*. 1995;489:275-286.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control : Theory and practical applications*. Lippincott, Williams & Wilkins. Baltimore. 2nd ed. 2000.
- Stewart BA, Brooke JD. Interaction of reciprocally induced inhibition and premotor facilitation of soleus H reflex in human. *Electroencephalogr and Clin Neurophysiol*. 1993;89:4-44.
- Sullivan SJ, Williams LRT, Seaborne DE, et al. Effects of massage on alpha motoneuron excitability. *Phys Ther*. 1991;71:555-560.
- Twist DJ. Effects of wrapping technique on passive range of motion in a spastic upper extremity. *Phys Ther*. 1985;65:299-304.
- Wallen AM, O'Flaherty SJ, Waugh MA. Functional outcomes of intramuscular botulinum toxin type A in the upper limbs of children with cerebral palsy: A phase II trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:192-200.
- Wolf SL. Electromyographic biofeedback applications to stroke patients. *Phys Ther*. 1983;63:1448-1459.