

자세 훈련을 위한 EMG Biofeedback 과 진동자극치료 - 증례 보고

세브란스병원 재활의학과

어경홍, 구애련

Abstract

EMG Biofeedback Combined with Vibratory Stimulation Treatment for Postural Training - A Case Study

Aw, Kyoung Hong R. P. T., M. P. H.,

Marion Current B. P. T., M. P. H.

Hardly heard of in the sixties, biofeedback started to come into its own in the late seventies and is now generally accepted as a significant treatment modality. Introduced by Rood in the fifties, multisensory stimulation is also a viable means of facilitating more normal neuromuscular control. One mode of sensory stimulation is vibration which evokes the tonic vibration reflex (TVR). A combination of these two modalities has been attempted in one case of head trauma resulting in spastic quadriplegia.

EMG biofeedback coupled with vibratory stimulation has influenced the patient's standing balance and gait, problems which are indicative of a defect in the reflex control of the tonic anti-gravity muscles. A brief list of definitions and summary of the physiological basis for vibratory stimulation are given. Treatment methods and results are outlined.

Key words : EMG biofeedback ; vibratory stimulation; tonic response ; balance and gait

I. 서 론

오늘날 우리는 매우 정밀하게 만들어진 기계로 생체 내의 여러 전기적 현상을 탐지하고 이를 광대 서커서 눈으로 볼 수 있고, 귀로도 들을 수가 있게 되었다. 이것의 대표적인 기계가 근전도 (Electromyogram ; EMG)이다. EMG biofeedback 치료와 같은 일체 근전도가 치료의 약 분야 및 전기적 진단 검사용으로 사용되어 왔던 것을 치료 분야로 응용 도입 시키게 된 것이다.

전기생물학적인 용어로서의 feedback 이라 함은 인체의 전방관 증폭기에서 나온 출력의 일부가 어떠한 회로를 따라 다시 증폭기에 입력되게 되어서 이후에 나오는 출력은 원래의 출력보다 더욱 강한 출력을 띄워주는 것이다. 이러한 원리를 생체에 적용하여 biofeedback 이라 하였다. Wolf²⁹⁾은 biofeedback 치료의 목적을 다음과 같이 설명하였다. "Biofeedback 즉 치료와 같은 근육에서 나타나는 전기적 활동을 EMG feedback signal로서 조정하므로써 환자의 의식적인 노력으로 근육의

특수한 수축을 스스로 조절하며, 훈련과정은 운동조절의 회복에 궁극적인 목적을 갖고 근육활동을 증진시키거나, 감소시키기 위해 설정된다"고 하였다.

과거 수 년 간의 외국에서는 EMG biofeedback 치료에 관한 연구보고가 여러 학술지를 통해서 종종 발표되었지만 우리나라에서는 전무한 형편이어서 이 분야에 대한 연구가 필요하다고 생각하여 특히 외국의 문헌 중에는 편마리 환자들에 대한 EMG biofeedback 치료의 효과연구 및 치료방법 절차 등에 관한 연구보고가 주류를 이루고 있다. 1, 3, 4, 5, 10, 20, 21, 22, 24, 30)

Mroczek²¹⁾ 등은 EMG biofeedback의 치료가 편마리 환자에게 있어서 물리치료와 비교하여 운동활동의 훈련에 있어서 비교적 효과가 있었다고 하였으며, Basmajian⁵⁾ 등은 biofeedback과 물리치료를 동시에 시행한 hemiplegia 군에서 일반적인 물리치료만 시행한 군보다 발목의 dorsiflexion의 근력과 능동적 관절가동범위(active range of motion; AROM)가 더 증진되었다고 보고하였고, Amato¹⁾ 등은 강직성 길항근의 억제조절을 증가시키기위해 biofeedback치료를 적용하여 성공적인 결과를 얻었다고 보고하였다. 특히 Wolf²⁹⁾는 biofeedback 치료시 다른 기구나 치료기술과 함께 이 biofeedback을 사용한다면 치료에 대한 장래성이 아주 유망하다고 하였다. 이에 본 연구에서는 진동자극(vibratory stimulation)치료를 병행하여 환자치료에 이용하였다. 이 진동자극에 관해서는 Rood의 이론을 바탕으로 하였다.

Rood는 1950년대에 과거 재활의 기본이 되는 운동자극치료를 떠나서 감각자극의 적용을 새롭게 강조하였다. 그의 이론의 기본은 Cortical control보다 감각자극이 일반적이고 특수한 운동활동 뿐만아니라 전반적인 행동까지 반응을 원하는 경우에 따라 효과적으로 촉진시키거나 억제시킨다는 것이다. 자극은 얼음찜질, 순질, 두드리기, 만지기, 압박하기, 잡아당기기와 진동 등으로 여러형태를 취할 수가 있다. 이 개념의 기본은 인체생리와 특히 운동발달의 개체발생학적인 산술을 이해하는 것이 필요하다. 이 둘 개념과 기술들은 Goff¹³⁾에 의해 훌륭히 기술되어 있다.

본 연구는 두부손상으로 인해 강직성 사지 부전마비가 있는 환자로서 세브란스병원 재활의학과에서 치료를 받는 동안 국내에서는 처음으로 EMG biofeedback과 진동자극치료를 시행하였기에 모든것이 미흡함에도 불구하고 이 분야에 대한 연구 및 치료기술의 보급에 필요성을 느껴, 본 저자들이 체험한 치료결과와, 그 효과, EMG biofeedback과 진동자극치료의 개념 및 생리에 대해 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

환자는 15세의 여자로서 1981년 5월 15일 교통사고로 두개골 골절과 함께 우측 두정골(parietal) 부위에 외경뇌막 혈종(extradural hematoma), 지주막하출혈(subarachnoid hemorrhage)와 우측 대뇌골절이 있었다. 1981년 6월 15일 환자는 세브란스병원 신경외과에 입원하여 3일후인 6월 18일 재활의학과에 의뢰되었다. 국소적인 급발작이 입원 10일 후에 발생되었으며, 그후 강직성 사지 부전마비가 나타났다. C-T scan상 우측 parietal부위에 밀도가 증가된 것으로 나타났다. 대뇌골절은 Kirschner nailing으로 치유하였으나 골절로 인한 뼈의 소실로 대퇴가 2cm 가량 짧아졌다. 그후 이것은 Orthopedic shoe를 착용케하여 보완하였다. 좌측 발목의 강직성 plantar flexion은 1981년 12월 수술로써 heel cord를 늘려 주었다. 뇌의 좌측 Broca's area의 손상으로 인해 expressive aphasia가 있었다. 하지만 약간의 언어기능이 되돌아 왔으나 혀의 미세운동조절(fine motor control)의 소실로 인해 뚜렛한 발음구사가 어려웠다. 환자는 1981년 11월 이후 부터 계속하여 언어치료를 받아 상당한 진전을 보았다. 또한 환자에게 시각장애가 있는 것을 작업치료가 감지해내었다. 환자의 회복기 동안 계속하여 물리치료, 작업치료와 언어치료를 받았다. 1982년 6월 25일 환자는 퇴원하여 그 후에도 계속하여 매일 외래로 통원치료를 받아왔다.

EMG biofeedback과 동시에 진동자극치료를 1982년 6월 5일부터 시작하였다. 당시 환자의 이학적 소견은 다음과 같다.

환자는 사지에 강직성이 있었으며, 좌측의 강직성이 좀더 심하였다. 감각장애(온도,통각, 촉각과 위치감각은 정상)는 거의 없었으며, 양손은 미세하고, 빠른 동작을 하기가 어려웠다. 특히 우측 손의 엄지와 약지의 opposition을 할 수 없었다. 글씨 쓰는것(그림 1-1. "Draw-a-person test" 참조)에 대하여는 약간의 손상이 있었다.

하지에 있어서는 대퇴가 짧아진것을 포함하여 고관절 외전근(hip abductor)의 약화로 인하여 waddling gait을 하있으며 우측(대퇴골절이 있는 곳)이 더욱 심하였다. orthopedic shoe를 착용하였어도 이 증상은 계속 나타났다. 환자는 1982년 5월에 혼자 스스로 걸을 수 있게 되었지만 한두 다리로서는 걷는 1초도 유지 할 수 없었으며, 세차리 걸기는 진더 할 수 없었고, 양측에 genurecurvatum도 있었다. 특히 발목의 eversion동작이 제한을 받았다. 환자가 세단술을

르내릴때는 평형감각의 문제로 인해 다른 사람의 부축을 받았다. 양발의 강한 강직성 글곡으로 인해 두번째와 세번째 발가락의 toe grasp reflex가 있었다.

Ⅲ. 치료방법 및 결과

1. 치료방법

1) 치료기구

EMG biofeedback 치료에 쓰인 기계는 전기적인 단점 사용으로 사용하고 있는 TECA 회사 제품인 Model M 이었고, 기계에 부착된 Loud speaker 와 Oscilloscope를 통하여 환자가 근육을 수축하거나 이완할때 그 소리를 들을 수 있고, motor units의 활동전위를 볼 수가 있는 audio-visual biofeedback 치료를 하였다. 도자전극 (electrode)은 surface electrodes를 사용하였다. 진동 자극기는 공명자 (tuning fork), gun type 및 battery용 진동자극기를 교대로 사용하였으며, 진동 주파수는 128 Hz이었다.

2) 치료기간

환자는 1982년 6월 5일부터 7월 22일까지 주 2회씩 1회 치료시간 1~1시간반 동안 모두 12회에 걸쳐 치료하였고 이 기간 중 환자에 대한 평가는 4번하였다.

3) 치료방법

먼저 대상근육으로 waddling gait 와 genurecurvatum의 교정을 위해 중둔근 (gluteus medius) 와 외측광근 (vastus lateralis)를 선택하였으며, 좌측 발목의 eversion을 촉진시키기 위해 장비골근 (peroneus longus)와 제삼비골근 (peroneus tertius)를 선택하였고, 양 발의 비정상적인 toe grasp reflex를 조절키 위해 단지신근 (extensor digitorum brevis)을 선택하여 각 근육에서 근력강화운동(strengthening exercise)을 시행하였으며 단지신근에서는 근력강화운동과 함께 발가락을 신전시킨 상태를 유지하면서 이완하는 운동을 시행하였다. 또한 각 근육에서 수축을 시도하려고 할때 진동자극기를 근육복부에서 자극을 주었다. surface electrodes를 근육복부에 3cm 가량 간격을 두어 부착하였으며, 근육을 수축하여 6초간 자세를 유지케 하였으며, 다시 이완시켜 5초 동안 취해 하였다. 또한 환자가 근육을 수축하고 이완하는 동안 기계를 통하여 그 상태를 직접 보고 듣게끔 하였다.

2. 치료결과

먼저 치료결과를 거론하기에 앞서 다음에 나타나는 결과는 그간 물리치료, 작업치료 및 언어치료를 병행하여 EMG biofeedback과 진동자극치료를 시행하였기에 순수한 sensory feedback 치료의 결과라고만 할 수가 없으며, 단지 새로 시도한 EMG biofeedback과 진동자극치료를 시행한 후에 나타난 결과임을 밝히 둔다.

EMG biofeedback과 진동자극치료를 5회에 걸쳐 시행한 후 1982년 6월 25일 환자에 평가에서 환자는 우측 다리로서 55초 동안을 서 있을 수 있게 되었으며, 우측 발의 비정상적인 toe grasp reflex가 사라졌고, 우측의 genurecurvatum이 없어졌으나, 좌측에는 genurecurvatum과 Trendelenburg gait가 남아 있었으나 치료전 보다는 많이 호전된 상태이었으며, 좌측 다리로서 서는 것은 우측보다 느리게 호전되었다 (도표 1).

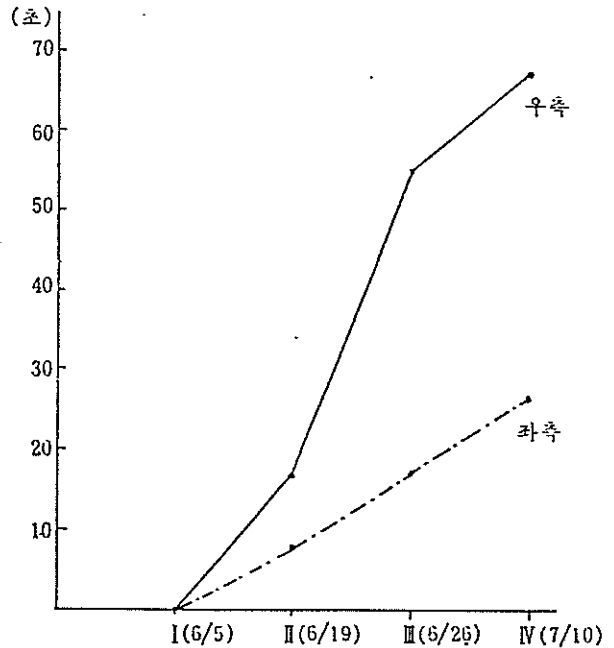


도표 1. 한쪽 다리로서 서 있는 시간의 변화

좌측 발에서의 비정상적인 toe grasp reflex를 억제시키기 위해 단지신근의 근력강화운동(strengthening exercise)을 촉진시켰으며, 강직성을 억제키 위한 이완운동을 촉진하였다. 단지신근을 수축하여 발가락을 신전시킨 상태를 유지하면서 완전히 이완되기까지 걸린 시간은 치료 받기전 최초 평가에서는 29초가 걸렸으나 9회의 치료를 마친 후 4번째 평가에서는 약 1초 정도 걸렸다 (도표 2).

근전도상으로 나타난 각 근육들의 근력강화운동(strengthening exercise)결과 각각의 근육에서 motor

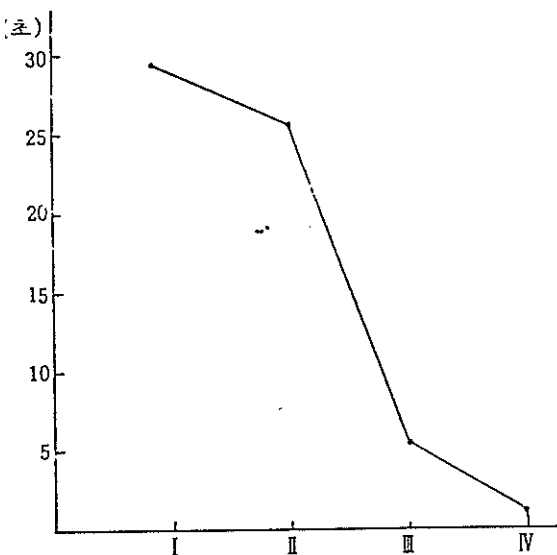


도표 2. 좌측 단지신근의 완전 이완까지의 시간의 변화

unit action potentials의 빈도 수 및 진폭이 증가 되었음을 알 수가 있었다 (도표 3-1~7). 이중 좌우측 중둔근 및 외측광근에서는 최초 평가에서 환자가 한쪽 다리르만은 설 수가 없어서 측정을 할 수 없었으나, 3 회를 치료한 후 두번째 평가에서 중둔근의 경우 빈도수가 우측이 16개, 좌측이 12개 이었으며, 진폭은 우

도표 1. 각 근육들의 치료기간중의 motor unit action potentials의 진폭과 빈도수의 변화

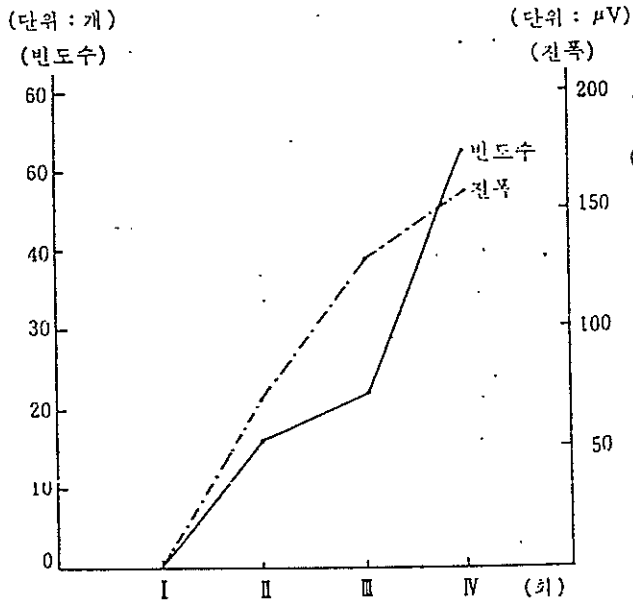


도표 3-1. 우측 중둔근

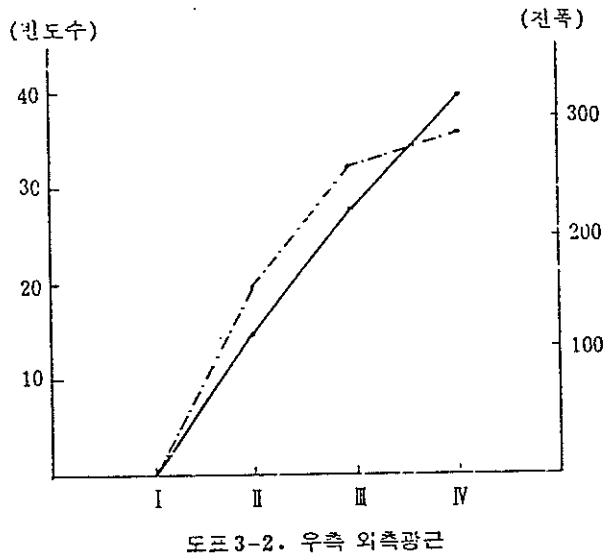


도표 3-2. 우측 외측광근

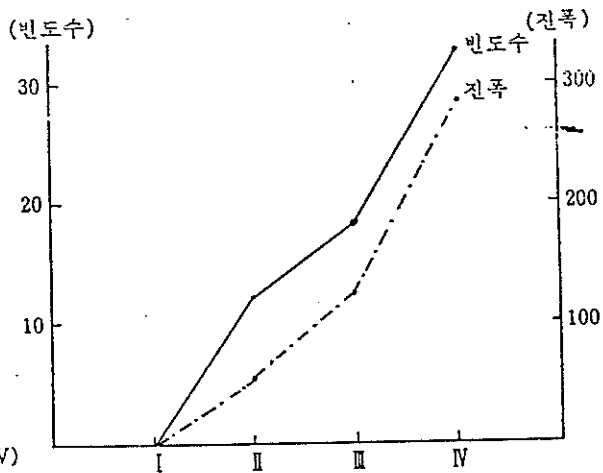


도표 3-3. 좌측 중둔근

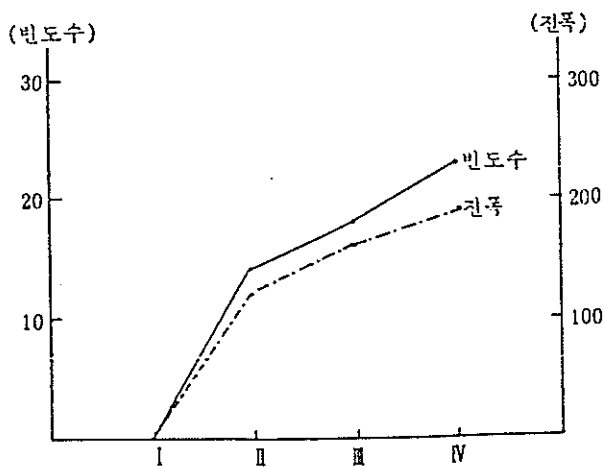
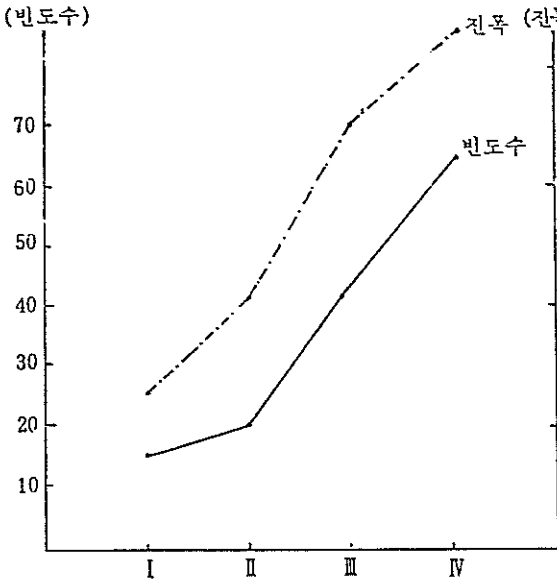
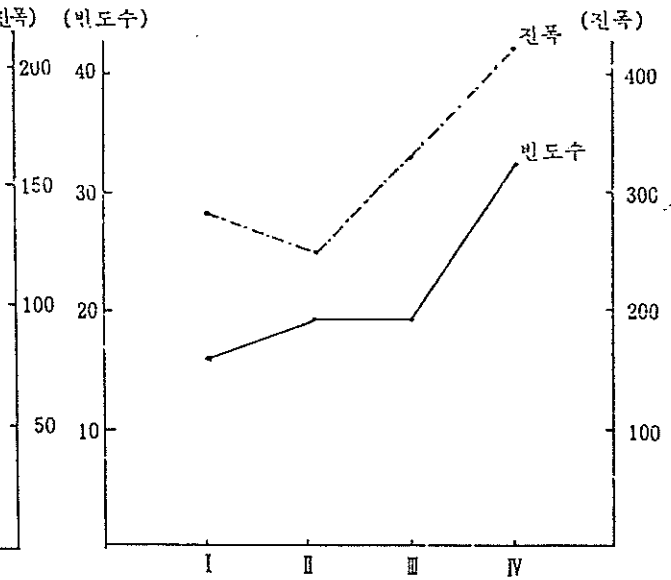


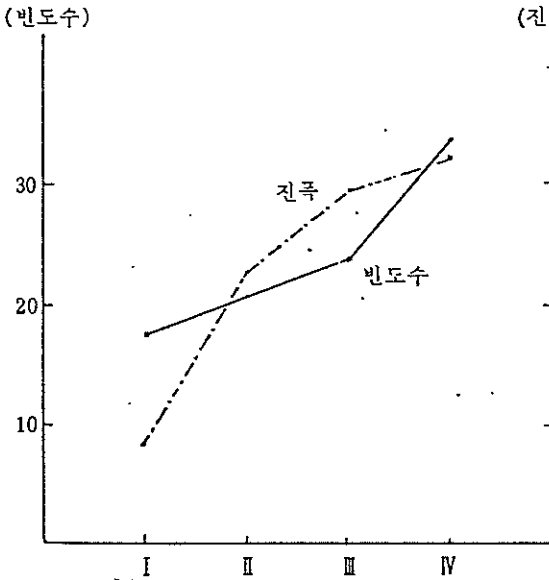
도표 3-4. 좌측 외측광근



도프 3-5. 좌측 장비골근



도프 3-7. 좌측 단지신근



도프 3-6. 좌측 제삼비골근

되었다 (그림 2).

1982년 7월 8일 환자는 제자리 걸기를 할 수 있게 되었으나, 제자리 높이뛰기는 여전히 힘들게 하였다. 환자는 계속하여 물리치료와 작업치료등을 받았지만 이 EMG biofeedback과 진동자극치료를 시행하는 동안에 환자의 상태는 빠르게 호전 되었으며, 어떤것은 단 한 번의 치료로 호전 된것도 있었다. 환자의 body image는 자기자신을 그리게 함으로써 호전 된것을 알 수가 있었다. 맨처음에 환자에게 16절지를 주고 다른 설명없이 단지 "너의 모습을 그리 보아라"고만 하였다. 환자의 그림은 매우 작았고, 오른쪽으로 치우쳐졌으며, 어린아이와 같은 모습으로 표현하였다(그림 1-1). 그림에서 머리 윗부분의 선이 나타나 있지 않은 것을 볼 수 있으며 (아래 그림과 대조하면 차이가 있음을 볼 수 있다). 입은 하나의 선으로만 표현 하였고 (언어장애를 나타냄), 양손과 발을 그리지 않았음을 볼 수 있다. 환자 자신이 바지를 그린것은 치료시 항상 바지만을 착용한것 때문이라고 사료된다. 3주후 2번째 "Draw-a-person test"를 시행하였다 (그림 1-2). 그림이 종이 가운데에 그려져 있으며, 양손 (좌측 3개, 우측에 4개의 손가락)이 표현 되어 있고, 입은 열리기 (언어기능 호전?) 있음을 볼 수 있다. 우측 팔을 전체 표현한 것은 우측 기능의 호전을 시사한다. 실제로 환자가 걸을 때 automatic arm swing이 우측은 되돌아 왔으나, 좌측은 아직도 약간의 장애가 있다. 자신의 그림에서 dress를 입어서 표현한 것은 환자의 여성다운의 최후과 함께 자신의 image가 좀더 성숙해졌다는 것을 나타내 준다.

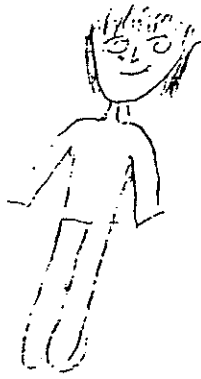
측이 $75.6 \pm 29.3 \mu V$, 좌측이 $52.6 \pm 39.7 \mu V$ 이었고, 외측광근의 경우 빈도 수가 우측이 16개, 좌측이 14개, 진폭은 우측이 $158.0 \pm 79.8 \mu V$, 좌측이 $126.7 \pm 82.3 \mu V$ 로 증가 되었다. 9회의 치료 후 4번째 평가에서 양측 중둔근과 외측광근의 빈도수 및 진폭이 상당히 진진 되었음을 알 수 있었다. 이러한 현상은 좌측 장비골근, 제삼비골근 및 단지신근에서도 마찬가지로 지었으며, 발목에서의 eversion 동작이 호전 되었고, 특히 toe grasp reflex는 환자 스스로 조절 할 수가 있게

I. EMG biofeedback

과거 수년간 외국에서는 EMG biofeedback 치료에 대해 무시할 수 없는 평판이 주어지 왔으며, 심지어 이 치료의 적용이 골격근 혹은 신경장애를 가진 환자의 기능적 활동을 증가시킨 업적을 얻었고, 물리치료사들은 biofeedback의 개념에 그 흥미를 더하여 왔다. 특히 뇌 손상 환자의 경우 biofeedback 치료에 대한 기본적인 개념의 이해를 필요로 한다. 편마비 환자와 같이 중추신경계통의 질환이 있는 환자의 경우 신경자극의 운동전이에 장애가 있는 것이 아니고, 말초로부터 오는 정보를 이해치 못하는 것이다. 즉, 신경 자극을 보내는 능력은 있으나 근육으로부터 오는 정보(환자의 수용에 장애가 있는 것이다.²⁶⁾ 실제로 이러한 환자의 근육활동에 있어서 뇌에서 원하는 수축과 이완의 요구에 대해 근육이 얼마만큼이나 짧아져야 되는지 혹은 길어져야 되는지를 모른다. 이것은 구심성 신경섬유에 의해 이룩되는데 여기서 근방추는 근육이 수축하기 전, 수축하는 동안, 수축한 후의 길이를 뇌에 전하여 주는 중개의 역할을 한다. 하지만 이러한 환자의 문제는 근방추로부터 오는 정보가 바르게 전달되지 않는다. 따라서 뇌는 근육이 수축하거나 이완할 때 그 길이를 모르는 것이다. 환자는 근육활동을 시작하거나, 수축하거나, 활동이 끝날때 얼마만큼의 장력이 근육에 들어가는지를 정확히 알아야 한다. 더 나아가서 환자는 주동근과 길항근들의 각자의 장력을 동시에 알아야만 한다.²⁹⁾ 여기에서 EMG biofeedback의 임상으로의 적용이 시작된다. 즉, 기계사용을 통해서 질적인 관점에서 EMG biofeedback 치료를 함으로써 주동근과 길항근 혹은 각 근육들이 움직이는 "느낌(feeling)"을 가르쳐준다.

Brudny¹⁰⁾ 등은 이러한 sensory feedback 치료로서의 EMG biofeedback 치료가 신경운동조건의 장애가 있거나 감소가 있는 증례에서 성공적으로 치료됨으로써 치료적 도구로서의 중요성을 시사하였다. Wolf²⁹⁾ 는 물리치료실에서 사용될 수 있는 EMG biofeedback 치료에 대해 표1과 같이 분류하였다.

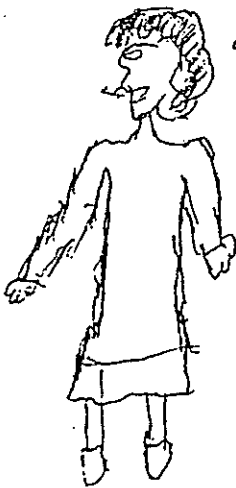
Baker⁷⁾ 등은 치료기간중 치료사의 역할로서 첫째, 항상 verbal feedback과 격려를 해주고, 둘째, 근육 수축의 목적에 따라 기계의 meter reading을 약간 늦게 뜨십시오. 셋째, 나타나는 동작이 적절할 것임을 확신 시키주고, 넷째, 휴식시 과도한 근육활동은 저하시키도록 하며, 다섯째, 좁디 나온 걸과를 위해 사지의 위치를 바꾸어 주고, 여섯째, electrodes가 부착된 곳이 바뀌어져 있거나 혹은 당겨져서 느슨하게 되어있는



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
82, A, B
중추, 골격, 지관

1-1. 치료전 최초 평가시의 그림

평행 보행, 팔각근, 2각근, 지관



6/26 '82

1-2. 치료 3주후 평가시의 그림

그림 1. Draw a person test

Draw-a-person test와 같이 환자의 상태가 초간 되어 가는것을 객관적으로 평가하여 볼 수 있다는 것은 매우 흥미로운 일이며, 실제로 특히 몸 좌측의 손상이 있는 환자를 포함하여 신경장애가 있는 환자에게는 정 규적인 평가의 도구로 삼아야 할 것이다.

표 1. EMG biofeedback의 임상적 적용

Condition	Purpose	
	To increase activity	To decrease activity
Orthopedic	Imobilization Contracture Tendon repairs Muscle Re-education Gait	Muscle spasm Torticollis
Neurological	Nerve repair Nerve transplant (anastomosis)	Spasticity Rigidity
Other		Tension headache Relaxation (general & specific) Substitution movements

지를 확인해야 한다고 하였다.

EMG biofeedback 치료 효과에 대하여는 이미 여러 사람의 연구보고에 의해 입증되었지만 Taylor와 Bongar²⁶⁾는 stroke 환자의 경우 연령과 관계없이 좋은 효과를 얻었다고 하였으며 Wolf³⁰⁾ 등은 stroke 환자의 특성별로 본 치료효과에의 연구에서 연령, 성별, 환측, 예전의 재발횟수의 량, biofeedback 치료횟수 등에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다고 하였고, 치료결과 상지보다 하지의 기능회복이 더 나왔다고 보고하였다. 특히 Baker⁴⁾ 등은 첫번 치료로 극적인 결과가 종종 관찰 된다고 하였으며, 본 저자들의 경우 역시 환자의 우측 genu recurvatum이 첫번의 치료로서 많은 호전을 보였으며, 5회의 치료 후 완전히 없어졌음을 관찰할 수 있었다. Andrews³⁾는 편마비환자의 이두박근과 삼두박근을 선택하여 근전도를 최초의 근육활동전위가 몇 분 만에 나타나는가를 조사하여 20명의 환자중 3분내에 반응을 나타낸 사람이 10명, 5분내 반응을 보인 사람이 7명이었다고 보고하였다. 또한 Basmajian⁵⁾ 등은 만성 foot-drop이 있는 절부전마비환자 20명을 무작위로 선출하며 10명씩 두 군으로 나눈 후 제 1군은 치료적 운동으로만, 제 2군은 치료적 운동과 biofeedback 훈련을 동시에 5주에 걸쳐 foot-drop에 대해 치료한 결과 제 2군에서 근육과 관절운동범위가 제 1군보다 약 2배 가량 증가되었다고 보고하였고, Amato 등¹⁾은 강직성 마비에서 긴장근의 억제조절을 증가시키기 위한 치료에서 성공적인 결과를 얻었다고 하였으며, Skrotzky 등²⁴⁾은 강직성 뇌성마비 환자의 운동조건에 대한 EMG biofeedback 치료의 결과 강직성 마비에서 능동적인 관절운동범위가 증가되었다고 하였고, 근육이 최대한 수축하였다가 다시 이완되기 까지의 시간이 감소하였다고 보고하였다. 본 저자

들의 경우 강직성 toe grasp reflex를 억제키 위한 운동조절치료에서 환자의 의식적인 노력으로 스스로 조절하게 되었으며, 특히 좌측 발의 경우 단지신근을 최대한 수축하여 발가락을 신전시킨 후 이 상태를유지하면서 이완시키는데 까지 걸리는 시간이 최초 29초에서 9회에 걸친 치료 후에는 약 1초 정도 밖에 걸리지 않았다.

치료기술에 대하여는 각 electrode의 거리에 대해 약간씩 의견이 다른편이나 위치에 대해서는 모두 근육 복부에 부착한다는 점에서는 일치하고 있다. electrode를 근육복부에 부착하는 이유는 대부분의 사람근육에 있어서 운동신경종말(motor end plate)들이 근육 복부 부분에서 근육섬유쪽으로 수직인 방향으로 놓여있기 때문이며, 또한 이 위치는 보통 운동점(motor point)의 원위부이기도 하다.²⁹⁾ electrode간의 거리에 대하여는 Lee 등²⁰⁾은 초기 훈련시 3cm 정도의 간격을 두었다고 하였으며, Baker⁴⁾ 등은 초기 훈련시에는 간격을 넓게 하고, 환자가 근육을 조절할 수 있게 되거나 strength를 얻게 되었을때는 간격을 좁게 해 주어야 한다고 하였으며, Johnson과 Garton은¹⁸⁾ 초기 훈련시 monopolar needle electrode를 사용했다고 보고 하였으며, Wolf²⁹⁾는 앉고 가는 근육을 훈련시킬때, needle electrode에서 얻을 수 있는 특정적인 근전도 파형을 얻고자 할때는 간격을 좁혀주고, 심한 지방성조직에 덮혀 있는 근육이나, 마비된 근육을 훈련시킬 때는 간격을 넓혀 주어야 한다고 하였다. 본 저자들의 경우는 각 근육에서 3cm 정도의 간격을 두어 사용하였다. 또한 근육을 훈련시키는 순서에 대해서는 Gonnella 등¹⁴⁾은 근위부의 근육부터 시작하여 점차 원위부의 근육을 훈련시키 주어야 한다고 보고하였으며, Wolf³⁾ 등과 Nafpliotis²²⁾와 Lee²⁰⁾ 등은 먼저 건주의

근육에 electrode를 부착하여 환자로 하여금 대상근육의 활동양상의 이해를 돕도록 해주어야 한다고 권고하였다. 본 저자들의 경우는 먼저 근위부의 근육인 중둔근부터 시행하여 외측광근, 장비골근, 제삼비골근, 단지신근 순으로 시행하였다. Johnson과 Garton¹⁸⁾은 electrode의 위치와 환자의 자세는 초기 훈련기간과 추후 훈련기간 중 가장 효과적인 상태에서 시행토록 권고하였고, 본 저자들의 경우는 중둔근과 외측광근은 선 자세에서, 장비골근, 제삼비골근 및 단지신근은 양 다리를 길게 펼친 채 앉은 자세에서 시행하였다. 한편 근육을 수축하고, 이완하는 시간에 대하여는 Lee 등²⁰⁾은 수축하여 5초간을 유지하고, 이완하여서는 10초 동안 쉬도록 하였으며, Taylor와 Bongar²⁶⁾ 및 Owen 등²³⁾은 수축과 이완 후 각각 6초간의 간격을 두도록 하였다. 본 저자들의 경우 역시 6초간의 간격을 두어 시행하였다.

EMG biofeedback 치료시의 주의점에 대하여는 Wolf²⁹⁾는 첫째, electrode의 간격을 좁게하여 시행할 때라도 주위근육으로 부터의 활동을 주의 깊게 관찰하고, 둘째, 단일 근육을 훈련하고자 할 때는 주위에 있는 협동근(synergist)과 분리하여 선택하고, 셋째, 가능한 건축의 근육을 먼저 시행하고, 넷째, 환자가 당당하게 될 문제들을 환자에게 완전히 이해 시키고 난 후에 시작하라고 하였고, Kelly 등¹⁹⁾은 EMG activity의 변화가 없을 경우 운동의 형태와 준비물의 장치를 확인해보고, 나아가서는 환자의 노력에 대해 확인하라고 권고하였다.

2. 진동자극치료

Rood에 의해 제시된 감각자극의 한 형태는 진동이다. 진동은 고유수용성자극의 한 종류이며, 치료적 목적으로 쓰이는 진동은 높은 주파수인 동시에 낮은 진폭으로 근육부부와 건(tendon)에 자극한다.⁷⁾ 근육내 수용체에 의해 받는 자극은 미하의 Pacinian소체와 거의 비슷하지만 약간의 다른 점이 있다.^{7, 16)} 그들은 근육과 건내에 위치하고 있고 진동과 압박에 반응을 보인다.¹⁵⁾ 자극은 수송체로부터 Ia afferent nerve fiber를 통하여 근방추로 전도된다. 작은 척추전각세포의 역할은 extrafusal muscle fiber 안에서 low energy response가 생기도록 하기 위해 낮아지게 된다. 이 반응을 장성진동반사(痙攣振動反射) (Tonic Vibration Reflex: TVR)라 한다.²⁸⁾

또한 장성반응이라는 말은 등장성(等張性) 근육수축(isotonic muscle contraction)과 혼동해서는 안된다. 장성근육은 어떠한 자세를 유지하기 위해 수축된 근육의 긴장이 낮은 수준으로 계속적으로 작용하는 근

육이며, 이 근육들은 비교적 짧은 근육섬유가 좀 더 많고, 천천히 수축하는 근육섬유들로 구성되어 있으며, 다른 특성으로는 1) penniform (short) fiber, 2) 길게 위치하고, 3) 내측에 있으며, 4) one joint muscle에만 있다. 장성근육에 대한 다른 용어는 "항중력근", "안정근" 그리고 시서히 수축하는 근육이라고도 한다.¹⁵⁾ 반대 형태의 근육으로 "phasic muscle" 혹은 운동근이며, 빨리 수축하는 하얀 백근(pale fiber) 근육섬유가 있는 골격근이다. 저주파(100-200 Hz)의 진동자극을 가함으로써 골격근의 수축이 나타나는 것을 장성진동반사라고 한다

가장성진동반사에 대해 다음과 같이 요약하였다.

효과: 이들 효과는 진동중에만 나타난다.^{7, 17, 28)}

1) 진동된 근육은 능동적으로 수축한다.⁷⁾ 이것은 20-60 초를 지나서 천천히 증대되는 지속된 수축이며, 이 수축은 정상인에서는 스스로 억제시킬 수가 있다.^{7, 17, 28)}

2) 수축하는 근육에 대한 길항근은 mono synaptic reflex arc를 통한 자극의 전도에 의해 교대로 억제된다.²⁸⁾

3) 진동된 근육의 monosynaptic stretch reflex는 진동중에는 억제된다. 이 stretch reflex의 억제는 Ia afferent ending의 presynaptic 억제를 통해 일어난다.²⁸⁾

4) 진동자극이 주동근과 길항근에 동시에 작용하던 아무런 근육수축도 일어나지 않는다 (mutual inhibition). 영향을 미치는 요소:

1) 환자의 자세는 매우 중요하다. 엷드려 누운 자세는 팔굽을 위하여 좋고, 바로누운 자세는 신전을 위해 좋다.⁷⁾

2) cooling은 근육수축을 증진시킨다.⁷⁾

3) 진동된 근육은 진동하는 중에 신장되거나, 능동적으로 수축된다. 이완된 근육에는 진동을 주면 안된다.⁷⁾

4) 강직성인 상태에서는 Ia ending은 매 진동 cycle마다 진동에 대해 반응한다.

5) 진동자극에의 위치(자극의 근원)는 근육부나 건에 대한다. 이 두위치에서 Ia primary afferent가 자극이 된다.^{7, 28)}

6) 환자의 머리의 위치도 장성진동반사에 영향을 줄 수 있다. 즉 tonic neck reflex와 body righting reflex는 장성진동반사와 상호 연결관계가 있다.⁷⁾

효과가 없는 곳: 장성진동반사는 팔관근육이나, 허 근육에서는 일어날 수 없다.

역효과: Hagbarth와 Eklund¹⁷⁾는 cerebellar에 병변이 있는 환자에서는 장성진동반사의 반응이 감소된다고 보고하였으며, Parkinsonism과 cerebellar의 장

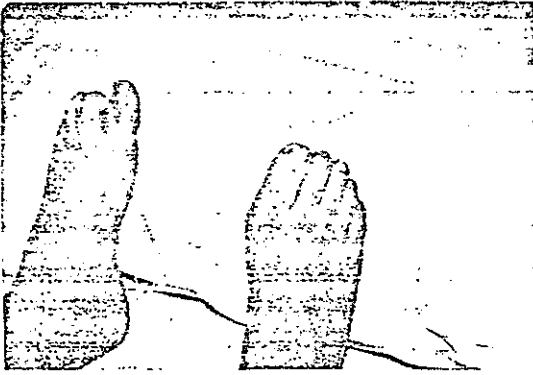
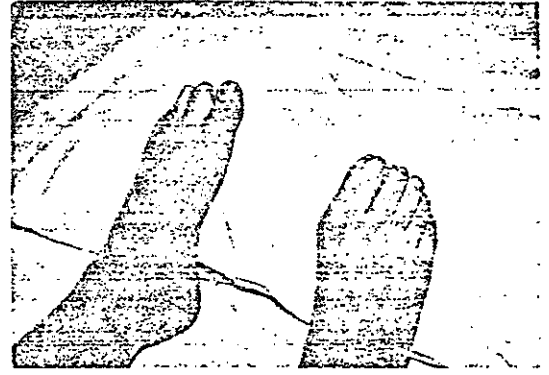


그림 2. 치료전 : 좌측 발의 2번째와 3번째의 발가락의 강직성 toe grasp reflex 를 보이고 있다.



치료후 ; 좌측 발의 2번째와 3번째 발가락의 강직성 toe grasp reflex 를 스스로 조절하여 그발가락이 신전되어 있다.



그림 3. 우측 중근과 외측광근의 치료 모습

에가 있는 환자에게 진동자극을 수면 상태를 빠르게 교대로 움직이는 것이 감소되고, 운동 수행 능력이 감소된다고 하였으며, 특히 Parkinsonism 의 경우는 tremor 가 증가된다고 하였다.

장성신경을 받아들이는 수용체는 유기체 내에서 변화하

는 것을 감지하기 위해 작용하는 빠르게 적응하는 수용체이며, 변화가 발생할 때 (진동시) 이같은 매우 정하게 반응을 보인다. 적응(adaptation)의 정의는 자극을 주어서 발생된 수용체 전위가 일정한 진폭을 가리면서 전위율이 점점 낮아지는 과정을 말한다.¹⁶⁾ Pacinian 소체의 경우에 있어서 적응은 0.5초도 걸리지 않는다.¹⁶⁾ 이들 수용체는 중추신경계통에게 완전을 움직이는 일을 알리 연결지는 아주 중요한 기능을 맡고 있다. 그래서 진동은 고유수용성 자극에 의한 형태로 구분된다.

진동자극기에 대하여는 자극을 유발시키기 위한 여러 가지의 진동자극기가 있다. Turnbull²⁷⁾ 등에 의해 여러 종류의 진동자극기가 기술되었다. 진동자극기는 그들이 유발시키는 자극의 실제적인 주파수를 쉽게 알 수 없는 것이 문제라고 하였으며, 또한 여러 진동자극기 중에서 gun type 의 진동자극기가 가장 신뢰성이 있다고 하였으나, 본 저자들의 경우 battery 로 작동되는 진동자극기와 마찬가지로 근선도의 oscilloscope 상에 전기적인 장애가 출현하였다. Turnbull 은 본 저자들이 사용하였던 123 Hz 의 공명자에 대하여는 언급을 하지 않았지만 사용 결과 신뢰성도 있었고, 전기적인 장애를 일으키지 않았으며, gun type, battery 용 진동자극기 및 공명자를 교대로 사용하였고, 3 가지 모두 좋은 효과가 있었으나 환자는 battery 용 진동자극기가 가장 편안하다고 하였으며, 저자들이 다루기도 쉬웠다. 공명자는 손잡이의 끝을 대 상근육의 복부에 갖다 대었다. Dellon¹²⁾ 은 손잡이 끝부분 보다 전각작용으로 작동되는 공명자의 경우 머리부분의 진동의 진폭이 크기 때문에 공명자의 머리부분을 대 상근육에 대는 것을 권하였으며, 또한 Pacinian afferent 를 256 Hz 의 공

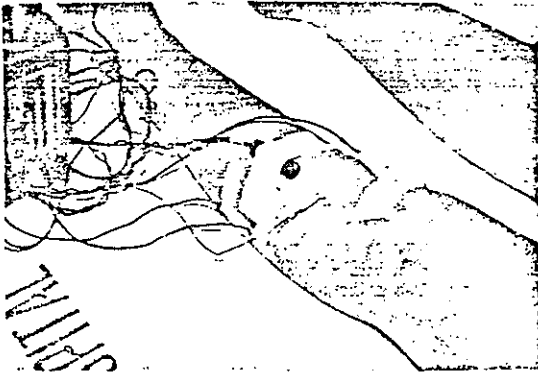


그림 4. 좌측 장비골근의 치료모습

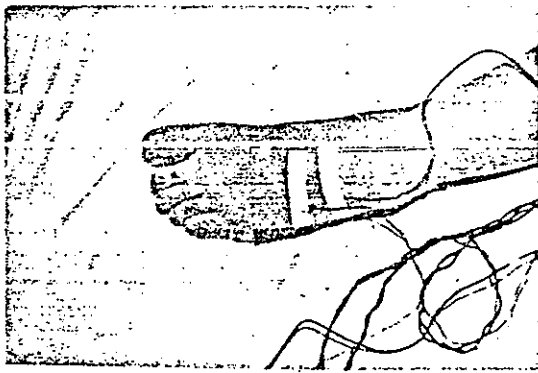


그림 5. 좌측 단지신근의 치료모습

명자를 사용하라고 권고하였다. 진동자극기의 최적 주파수에 대해 여러 문헌들이 있다. Nomma는 80 Hz 내지 그 이상의 주파수에서는 근육 수축의 흥분을 야기시키고, 반면에 20-30 Hz에서는 억제 시킨다고 보고하였으며²⁷⁾, Bishop⁷⁾은 300 Hz를 사용하였고, Gowitzke¹⁵⁾는 sensory neuron을 위한 주파수의 최상 한을 100-200 Hz로 해야 한다고 보고하였다. 대부분의 집약된 의견은 TVR의 자극을 위해서는 약 100Hz의 주파수가 적당하다고 하였다.

V. 요약

1982년 6월 5일부터 7월 22일까지 세브란스병원 재활의학과에서 두부손상으로 인한 강직성 좌측 부진마비가 있는 환자에게 국내에서는 처음 시행한 EMG biofeedback 과 진동자극치료를 12회에 걸쳐 환자의 재활훈련을 위해 시도한 바 standing balance 와 걸음걸이에 호전을 보였으며, 환자 스스로 강직성 근육상태를 조절할 수 있게 되었다. 이에 본 저자들은 EMG

biofeedback 과 진동자극치료의 절차와 방법, 결과와 그 효과, 개념 및 그 생리에 대해 문헌고찰과 함께 보고하였다.

REFERENCES

1. Amato A, Hermsmeyer CA, Kleinman KM : Use of Electromyographic Feedback to Increase Inhibitory Control of Spastic Muscles. *Phys Ther* 53 : 1063-1066, 1973.
2. Anderson K. Rood Theory. Personal Communication.
3. Andrews JM : Neuromuscular Re-education of the Hemiplegic with the Aid of the Electromyograph. *Arch Phys Med* 45 : 530-532, 1964.
4. Baker M, Regenos E, Wolf SL, Basmajian JV : Developing Strategies for Biofeedback-Applications in Neurologically Handicapped Patients. *Phys Ther* 57 : 402-408, 1977.
5. Basmajian JV, Kukulka CG, Narayan MG, Takebe K : Biofeedback Treatment of Foot-Drop After Stroke Compared with Standard Rehabilitation Technique : Effects on Voluntary Control and Strength. *Arch Phys Med* 56 : 231-236, 1975.
6. Best C, Taylor N : *Physiological Basis of Medical Practice*. 7th Ed. Baltimore, The Williams and Wilkins Co 1961
7. Bishop B : Vibratory Stimulation Part I. Neurophysiology of Motor Responses Evoked by Vibratory Stimulation. *Phys Ther* 54 : 1273, 1974.
8. Bishop B : Vibratory Stimulation Part II. Vibratory Stimulation as an Evaluation Tool. *Phys Ther* 55 : 28-34, 1975
9. Bishop B : Vibratory Stimulation Part III. Possible Applications of Vibration in Treatment of motor Dysfunctions. *Phys Ther* 55 : 139-143, 1975.
10. Brudny J, Korein J, Grynbaum BB, Friedmann LW, Weinstein S, Frankel GS, Belandres PV : EMG Feedback Therapy : Review of Treatment of 114 Patients. *Arch Phys Med* 57 : 55-61, 1976.
11. Chapman CE, Weisendanger M : The Physiological and Anatomical Basis of Spasticity : A Review. *Physiother Can* 34 : 125-136, 1982

12. Dellon AL : Evaluation of Sensibility and Re - education of Sensation in the Hand. Baltimore, The Williams and Wilkins Co 1981
13. Goff B : Appropriate Afferent Stimulation. Physiother (Eng.) 55 : 9-17, 1969
14. Gonnella C, Kalish R, Hale G : A Commentary on Electromyographic Feedback in Physical Therapy. Phys Ther 58:11-14, 1978
15. Gowitzke BA, Milner M : Understanding the Scientific Bases of Human Movement 2nd ed Baltimore, The Williams and Wilkins Co 1980
16. Guyton A : Textbook of Medical Physiology. Philadelphia, W.B Saunders 1961
17. Hagbarth K, Eklund G : The Effects of Muscle Vibration in Spasticity, Rigidity and Cerebellar Disorders. J Neurol Neurosurg Psychiat 31 : 207-213, 1968
18. Johnson HE, Garton WH : Muscle Re-education in Hemiplegia by Use of Electromyographic Device. Arch Phys Med 54 : 320-322, 1972.
19. Kelly JL, Baker MP, Wolf SL : Procedures for EMG Biofeedback Training in Involved Upper Extremities of Hemiplegic Patients. Phys Ther 59 : 1500-1506, 1979
20. Lee KH, Hill E, Johnston R, Smiehorowski T : Myofeedback for Muscle Retraining in Hemiplegic Patients. Arch Phys Med 57 : 588-591, 1976
21. Mroczek N, Halpern D, McHugh R : Electromyographic Feedback and Physical Therapy for Neuromuscular Retraining in Hemiplegia. Arch phys Med 59 : 258-266, 1978
22. Nafpliotis H : Electromyographic Feedback to Improve Ankle Dorsiflexion, Wrist Extension, and Hand Grasp. Phys Ther 56 : 821-825, 1976
23. Owen SM, Tocmin H, Taylor LP : Biofeedback in Neuromuscular Re-education. History, Uses, Procedures. Los Angeles, Biofeedback Research Institute. 1975, pp. 28
24. Skrotzky K, Gellenstein JS, Osterning LR : Effects of Electromyographic Feedback Training on Motor Control in Spastic Cerebral Palsy. Phys Ther 58 : 547-552, 1978.
25. Spicer SD, Mayyas TA : Facilitation of the Tonic Vibration Reflex (TVR) by Cutaneous Stimulation. Am J of Phys Med 59 : 233-231, 1980
26. Taylor LP, Bongar BM : Clinical Applications in Biofeedback Therapy. Los Angeles, Psychology Press. 1976, pp. 51-66
27. Turnbull GI, Ross LC, Peacock JB : Frequency Analysis of Commercially Available Vibrators. Physiother Can 34 : 21-26, 1982
28. Verrier M, Nousseirs : Physiotherapeutic Management of Common Neurological Conditions-A Resource Book. University of Toronto 1980
29. Wolf SL : Essential Considerations in the Use of EMG Biofeedback. Phys Ther 58 : 25-31, 1978
30. Wolf SL, Baker MP, Kelly JL : EMG Biofeedback in Stroke : Effect of Patient Characteristics. Arch Phys Med 60 : 96-102, 1979