

비 전기적 피부 자극에 대한 자율신경계통과 골격근의 반응

홍익재활병원

김 인 현

=Abstract=

Autonomic and Skeletal Muscle Response to Non-electrical Cutaneous Stimulation

In Hyun Kim, M.D.

Good Samaritan Rehabilitation Center, Changwon, Korea

Cutaneous stimulation has had a long history as a method of pain control. While there is general agreement that modern techniques such as electrical stimulation and massage often provide relief from acute pain and may in some cases significantly affect chronic pain, the mechanism by which these techniques affect pain remain unclear.

Significant attention has been focused on the effects of stimulation on the autonomic nervous system(ANS) along with the increasing evidence of important ANS modulation of nociceptive activity throughout the pain pathway. However, inconsistent results on the presence and direction of ANS changes from cutaneous stimulation characterize the recent literature. The present study investigated a non-electrical cutaneous stimulation device, the Dermalpoints massage roller, as well as an active placebo massage. The results indicate that the Dermalpoints massage roller has both general effects associated with simple skin stimulation (such as increased skin temperature), as well as specific effects from increased stimulation by the tooth design of the roller. These specific effects include decreased muscle tension (at least for some muscle sites) and increased sympathetic activation. The results are consistent with a model of activation of Pacinian receptors as a possible mechanism for the antinociceptive properties of cutaneous stimulation.

Key Words: Autonomic nervous system, Dermalpoints massage roller, Pacinian receptors

서 론

체통방법으로서의 경피자극은 긴 역사를 가지고 있

다.

최신 수기 즉 전기자극 또는 안마 같은 것이 급성통증을 완화하며 또 어떤 만성에 있어서는 대단한 영향을 준다는 것이 일반적으로 알려져 있다. 그러나 어떻게 해서 체통이 되는지 그 기전은 아직 잘 모른다.

대단한 관심이 자율신경계통의 자극에 대한 효과에 집중되고 있고, 동시에 통증경로를 통한 침해 수용활동의 중요한 자율신경계통의 조절에 대한 증거가 많아지고 있다. 그러나 경피자극으로 일어나는 자율신경계

*本 論文은 BRUCE D.NALIBOFF와 KEN H.TA-CHIKI(U.C.L.A) 두분의 것으로서 譯者의 翻譯紹介를 許諾한 것임.

*本 論文은 美國의 Perceptual and Motor skills. 1991. Vol 72, Pp 575-584.에 掲載된 것임.

변화의 존재와 방향에 대한 일치하지 않는 결과는 최근의 문헌에서 그 특성을 묘사하고 있다.

이 연구는 비전기적 피하자극장치 즉 피침 회전 안마기(dermapoint massage roller)와 활동성 위약안마(active placebo massage)를 동시에 검사한 것이다.

이 결과로는 피침 회전 안마기가 단순한 피부자극에 의한 일반적인 효과(즉 피부온도의 상승)와 톱니 모양의 회전기로서 증가된 자극으로부터 온 특별한 효과를 보이고 있다. 이들 특별한 효과란 근육긴장의 감퇴(최소한 두세가지 근육)와 교감신경 활성화의 증가를 포함한다.

이 결과는 피하자극의 역 침해(antinociceptive) 성질에 대한 있을 수 있는 구조, 수용체의 활성화의 방법과 일치한다.

제통방법으로서의 피하자극에 대한 역사는 오래되었다¹⁾.

초기의 방법으로는 아픈부분 근처나 또는 피부에 발포를 시키거나, 태우는 방법을 사용하였다.

최신방법으로는 전가자극 (경피적전기신경자극, TENS), 진동 또는 안마를 사용하고 있다²⁻⁴⁾. 피하자극 또는 반대자극방법은 급성통증을 완화시키며 만성 통증의 일부 예에도 상당한 영향을 미칠 것이라 하는 것이 일반적인 견해이다.

이상 말한 이런 방법들이 통증에 영향을 주는 그 기전에 대해서는 아직 잘 모른다.

TENS, 진동, 안마의 연구는 교감신경, 부교감신경의 활동을 증가 시켰다고 지적하였다. 그리고 이들 자극으로 자발적인 효과는 없었다³⁻¹¹⁾. 여기서 연구하고자 하는 것은 비전기적 피하자극 장치 즉 피침 회전 안마기이다.

이 장치는 직경이 12 mm되는 바퀴가 28개 박혀있는 막대기로서 매 바퀴는 20개의 은 도금한 톱니로 되어있다. 이 장치를 가지고 피부의 적은 부분을 가볍게 그러나 활발하게 밀면서 피부는 찢지 않도록 한다. 이 피침 회전 안마기는 구라과에서 수년간 사용해 왔고, 아래 말하는 여러가지 예에서 효력이 있다고 보고하고 있다. 즉 두통, 요통 그리고 관절염에 제통효과가 있다고 한다. TENS나 안마와는 달리 이 장치는 피부표면만을 자극한다. 그리하여 생리적 반응은 더욱 직접적으로 피하자극에 의한 것으로 되고 있다. 이 연구에서

3가지 생리적 척도 즉, 피부 전도도(전기 저항의 역수 SC), 피부온도(ST), 그리고 근전도(EMG)를 승모근과 전박근의, 회전기를 사용하기 전과 사용 후 30분 동안 측정검사 하였다.

예측과 단순한 가변성의 피부접촉을 대조하기 위하여 피침 회전 안마기와 톱니 바퀴가 없는 가약장치 즉 생생한 회전기를 비교하였다. Dermapoints의 작동요인이 빨리 움직이는 끝으로 조성되는 피부자극이 될 것이라는 생각으로 이 특별한 placebo를 선택하였다. 이리하여 4가지 혼합된 자극과 장소(전박/자극, 전박/placebo, 승모근/ 자극, 승모근/ placebo)를 검사하였다.

방 법

1) 대 상

교내 신문을 통하여 건강한 집단을 모집하였다. 피 실험자는 과거 2~3년간 팔이나 어깨에 외상이 없고 작년까지 입원한 적이 없으며 현재 약을 복용하지 않는 사람이다. 전체 인원 48명중 남 28명 여 20명이고 평균 연령은 27.6세로 각자 다른 학기에 실험하였다. 이 대상자는 임의로 앞서 조성한 자극과 장소를 정하고 각각 다른 실험을 한사람씩 받았다. 임의로 안마 자극과 장소를 정하고 각각 다른 실험을 한 사람씩 받았다. 임의로 안마도 능동적인 것과 placebo를 신체의 우측 혹은 좌측에 대해서 시행하였다.

2) 기구와 측정

실험을 하는 동안 근전도와 피부 온도를 계속하여 측정하였다. 한 channel은 안마하는 쪽을 측정하였고 다른 한 channel은 대조부위(해부학적으로 같은 부위의 반대측 신체)를 측정하였다.

기계의 제한으로 피부전도도는 안마한 부위만 기록하였다. Grass Model 7D 복사기로 E.M.G와 피부 전도도에 대한 기능을 계기상태 또는 봉상(棒狀) 도표로 그렸다.

Wide Band A.C. Pre-amplifier & Integrator Model 7P3는 근전도를 측정하는데 사용하였다.

Low level D.C. pre-amplifier Model 7P1은 피부 전도도를 측정하는데 사용하였다.

Coulbourn Temperature Model S71-3은 피부

온도를 측정하는데 사용하였다.

IRIG기류장치의 output과 Coulbourn temperature pre-amplifier는 compaq 286 computer에 연결시켰다.

ASTST laboratory software package(ASYST Software Technologies Inc., Rochester, N.Y, USA)는 program 자료 표본 추출, online 분석, 자료 보존, 그리고 실험시간등을 기록하는데 사용하였다. 피부전도도는 제 2지, 제 4지의 첫마디(제 1 자골)로 부터 기록하였다.

EMG는 승모근으로 부터 기록하는데 전극은 1½ inches간격으로 견봉(acromion)과 C7높이 중앙선간의 외측 2/3에 설치 측정하였다.

전박에서의 전극 위치는 척추수근신근(extensor carpi-ularis)의 활동을 측정하는 데 따라 결정된다.

1개의 작동하는 전극은 척골의 하단 경상돌기로 부터 2 inches되는 척추수근신근 위에 두고 다른 하나는 첫번째 전극과 경상돌기를 연결하는 직각 선상에서 1½ inches되는 곳에 두고 측정하였다.

피부온도는 승모근과, C7과 견봉 중간점 또는 전박의 척추수근신근 위에서 직접 측정한다. EMG와 피부온도는 TECA corporation의 전극, 전해액이 충전된 sensormedics AgCl전극과 피부에 부착한 양면 접착 좌철 또는 자극을 통하여 측정하였다. 피부온도는 Coulbourn 온도 저항체를 통해서 기록하였다. Meteg Dermalpoints model No.100 치료용 massageroller를 활기있는 안마 자극으로 사용하였다. 그리고 대조용 placebo는 톱니가 없는 것으로서 같은 회사에서 제작하였다. 질문서에서 안마에 대한 느낌을 말로 표시하는 것은 다음과 같다. (기분좋다, 참을수 있다, 귀찮다, 나른하다, 따뜻하다, 아프다 등)

반응은 visual analog scale(VAS) 100 mm을 이용하여 각 해당되는 숫자로 등급을 기술하였다.

3) 진행절차

대상 인물들중 전박에 실험을 받을 사람은 휴게실용 의자에, 승모근에 실험을 받을 사람은 똑바로 뒤로 넘어가는 의자에 앉아 26°C로 조절된 실온에서 기다리게 한다. 승모근에 실험을 받을 사람에게는 전극 부착을 쉽게 하기위하여 병원용 가운을 입혔다. 모든 실험을 받는 사람에게는 이 연구에 관한 설명과 자필 서명

한 동의서를 받았다.

변환기를 부착한다. 10분후 기본선상에 있는 동안 피부온도 저항체를 제거하고 승모근과 전박근위 피부 넓이 2×8 inches를 8분간 안마기로 가만히 빠르게 굴러준다. 안마후 30분간 기다린다. 피검자에게는 실험동안 움직이지 않도록 부탁하고 인공적인 오류를 최소한으로 하기 위하여 자주 다짐한다. 기록의 신빙성을 확실히 하기 위하여 자극 동안에는 EMG나 피부전도도의 전극을 제거하지 않았다. 실험동안 주기적으로 각 생리적 측정치를 얻었다. 즉 최후 5분간 기본선에 있는 동안 매 분마다 셋을 취하고 안마 후 30분 동안에는 매 분마다 하나의 표본을 취했다.

각 표본은 피부전도도와 피부온도를 기록 보관하였다. RAW EMG의 운동은 매 표본 1초 동안 4096 points의 속도로 표시되었다. 이 신호의 전 파장의 길이를 구하고 ASYST통합기능을 사용하여 수학적으로 완성하였다. 이 통합 EMG의 값은 1초 동안에 나타나는 종합적인 합산이다.

결 과

피검자를 통하여 기저 높이의 차이를 바로 잡기 위하여 각 안마 후 피부전도도와 피부온도의 값은 기선과는 다르게 다른 score로 표현하였다. 통합된 EMG 값은 $\{[(\text{Sample score}-\text{baseline})/\text{baseline}] \times 100\}$ difference score computer에 입력하였다.

Difference score는 5분간의 표본을 평균하여 5분간씩 잘라서 평균하였다.

각 생리학적 측정의 분석은(active 대 placebo)× 두근육(전박근 대 승모근)× 여섯번에 걸친 맛사지 후 5분간의 평균으로 하였다.

1) 피부온도

Fig. 1은 안마후 자극을 준 두 근육측에 대한 피부온도를 표시한 것이다. 일반적인 온도의 저하를 조절하기 위하여 단순히 실험실에 1~2시간 앉아 있었고 각 안마측의 값은 대조측과 비교한 상대적 온도 차이로서 표시하였다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 승모근과 전박근의 상대적 온도는 dermapoints massage 후에 증가하고 있다.

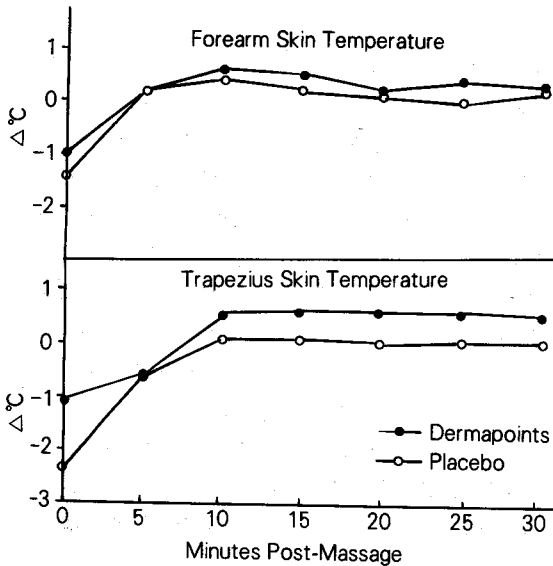


Fig. 1. Changes in relative skin temperature (massage side-contralateral side) from baseline for two massage sites.

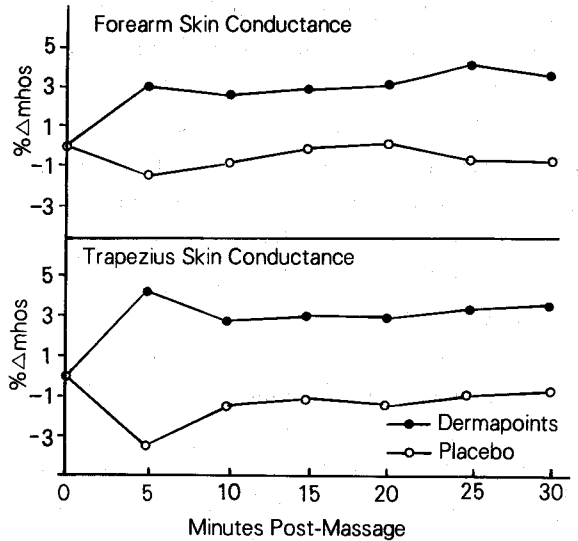


Fig. 2. Changes in skin conductance from pre-massage baseline for the two massage sites.

상기 두 근육의 온도는 대조군인 가약 안마 후에도 증가하고 있다. 신체 각 부위간에 심한 차이를 나타내는 변화의 분석으로 확인하였다. 그러나 안마 종류나 목적인 근육간에는 심한 차이가 없었다.

2) 피부전도

안마측에 대한 피부전도도 변화치는 Fig. 2에 표시되었다.

실제치료와 placebo치료간의 명확한 차이는 피부전도도에서 확실하다.

위의 두가지 근육에서의 dermapoints massage-roller 결과는 피부 전도를 증가시키며 이것은 교감 신경상태의 증가를 나타내는 것이다. placebo 안마는 30분 동안에 피부전도도의 변화가 없거나 또는 감소를 가져왔다.

피부전도도의 감소는, 오랫동안 기선에 머물고 있는 동안 자극을 가하지 않는 사람에서 보는 전형적인 반응이다. 피부전도도 자료에 대한 변화의 분석은 이들 결과를 확인하였고 안마부위에 대한 귀중한 치료효과 (실제 대 placebo)를 산출해 내고 있다. 안마를 실시한 근육측에 대한 EMG 자료의 100분율(%) 변화는

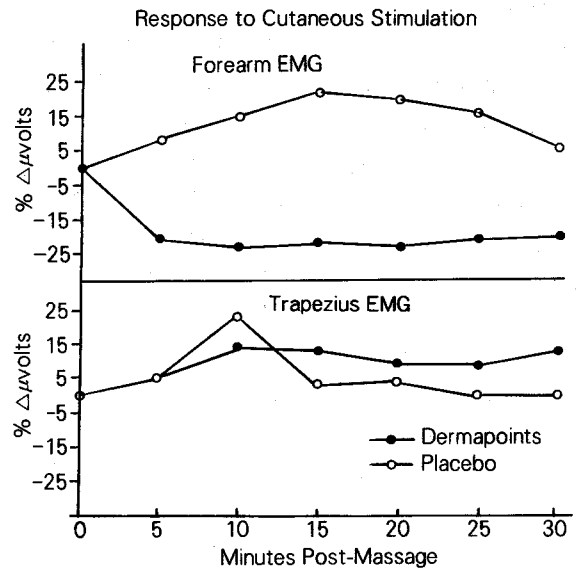


Fig. 3. Percentage changes in muscle activity from pre-massage baseline for the two massage sites.

Fig. 3에 표시되고 있다. 이 모양의 고찰은 dermapoints massage roller와 placebo massage를 비교해서 전박근의 EMG상 실질적인 감소를 가져온데

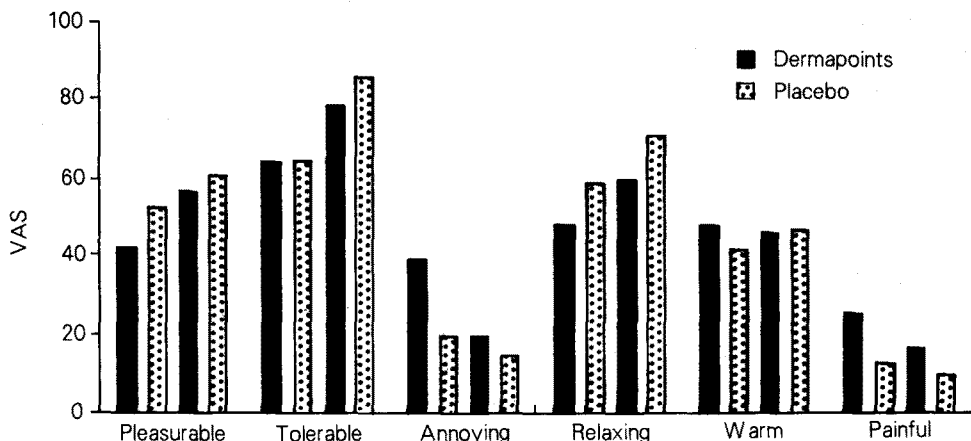


Fig. 4. Subjective ratings of the placebo and active massage technique on the visual analogue scale for each of the six words shown. The first two bars of each rating are for the forearm site and the second two site for the trapezius site.

대한 것을 나타내고 있다. 이 전박 EMG의 감소는 안마 후 30분 동안 유지되었다. 전박 placebo치료와 승모근에 시행한 두가지 치료는 EMG상 초기에 작은증가를 이끌어 내었으나 곧바로 기선으로 돌아왔다.

승모근에서의 두가지 치료에서는 EMG상 차이가 없었다. 통합 EMG data에 대한 변화의 분석은 근육 상호작용에 의한 중요한 치료와 더불어 이들 소견을 확인하고 있다. 비 안마 근육측의 EMG 자료에서는 큰 변화의 증거는 없었다.

Fig. 4는 6가지 표현에 대한 VAS의 차를 dermapoints와 placebo 실험에 따라 주관적인 반응을 표시한 것이다.

첫번째 둘은 전박안마를 받은 결과이고, 뒤의 둘은 승모근에 대한 결과를 VAS로 표시한 것이다.

대체로 피검자는 안마를 대단히 잘 참고 특별히 쾌락하다고는 느끼지 않았다. 실험대상자는 이완을 동반한 치료와 얼마간의 따뜻함을 얻었다. 대단히 경한 아픔을 느꼈다. 흥미있는 것은 그다지 중요한 것은 아니지만 다소 귀찮게 느꼈다는 것이다.

이 도표에는 나오지 않으나 이 두가지 방법이 VAS에 나타난 것을 보면 근이완과 통증완화에 대해 유용하다고 느껴진다. 종합적으로 피검자들의 placebo 안마에 관한 평가는 dermapoints massage의 그것과 비교해서 구별할 수 없는 것이었다.

고 찰

이 결과는 dermapoints massage roller로 인한 피하자극의 특수함과 비특수한 효과를 가리키고 있다.

Dermalpoints와 placebo massage로 안마한 곳에 국소피부온도가 적기는하나 확실한 상승을 나타내고 있다. 이것은 아마도 피부의 적은 자극으로 인한 피부표면혈관의 확장의 결과인 것 같다. 반대측과 비교할때 안마측에서 약 1°C의 온도 상승을 나타내고 있다. 이 온도차가 실험 후 30분 동안 계속되었다.

이 안마의 온도효과는 승모근과 전박근 둘다 비슷하였다.

통합된 EMG는 더욱 재미있고 또 까다롭게 나타나고 있다. 전박에 사용했을때 dermapoints massage는 명확하게 근육활동을 현저히 감소시켰다. 평균해서 dermapoints massage는 EMG활동에서 약 25%감소의 결과를 가져왔다. 전박근의 활동은 placebo 안마 후 상승하였다.

Dermalpoints massage에 따르는 EMG의 감소는 안마 후 기록에서 30분동안 계속되며 실험끝나기 10분동안 일부는 기선으로 돌아오는 것이 확실하였다. 이 결과에 대조해서 dermapoints와 placebo치료를 승모근에 적용하여 EMG 상승의 결과를 가져왔다. 두

근육에 대한 dermapoints 반응의 차이는 이들 근육 간의 구조와 기능의 차이에서 온다고 해석하였다.

장회외근은 길고 팔결이에 팔을 의지하고 쉴 때는 적은 근육이다. 또 다른 한편으로는 승모근은 넓고 편평하여 앉아 있을 때도 두부를 받치고 또 움직이는 때도 활동한다. 첨가해서 이 안마치료는 두 예에 있어서 다만 근육의 적은 영역만을 포함한다. 그리고 이것은 승모근에 비해서 전박의 근육덩어리가 더 많은 비율을 가진다고 표현하였다.

이 연구에서 가장 흥미있는 소견은 dermapoints massage의 결과로 오는 피부전도도의 변화이다. 피부전도도의 반응은 한선(汗腺)분비 변화에 영향을 준다. 그러므로 피부전도도는 측정된 팔의 교감신경계 통활동에 민감한 계기이다.

이완은 종종 교감신경 활동의 감소를 동반한다. 그리고 어떠한 교감신경계를 통한 통증 증후군은 국소 교감신경의 활동으로 계속되었고 또 악화되었다고 생각된다. 그러나 TENS나 진동은 복잡한 자율신경계통의 효과 즉 국소 혈관확장의 증가(부교감신경반응)와 결부한 더욱 일반적인 교감신경활동의 증가를 포함한다는 증거가 있다. 현재 연구 결과를 보면 dermapoints 방법이 안마한 팔다리의 교감신경의 상태를 아마 증가 시킬지도 모른다고 지적하고 있다. 이효과는 dermapoints massage roller의 톱니바퀴 구조에 독특한 것으로, placebo massage기구는 피부전도도에는 그리 크게 작용하지 않았다.

그위에 전박근이나 승모근 치료시 수지끝에서 측정된 교감신경 효과는 비슷하였다. Lundeberg는 vibration치료 즉 자극부위측의 피부온도 상승과 수지박동 진폭의 감소에 대해 비슷한 결과를 보고하고 있다. 이 결과는 pacinian 수용체의 활성화와 일치되는 것이고 따라서 피하자극의 어떠한 역 침해속성이 일어날 수 있는 구조일 것이라고 시사한다^{4,12)}. 결론적으로 dermapoints massage roller는 단순한 피부자극(즉 피부온도 상승)과 연관된 대체적인 효과와 동시에 복잡한 톱니형의 구상으로 온 독특한 효과 두가지를 가지고 있는 것 같다.

이들 독특한 효과란 근육의 긴장상태의 감소(적어도 두셋 근육측)와 교감신경 활성화를 증가 시키는 것 등이다.

앞으로 더 연구해보아야 할 것은

- 1) 다른 근육에 대해서도 안마를 시행해 볼 것.
- 2) 안마 면적 넓이의 비교관찰.
- 3) 제공된 비정상적인 근육기능 즉 통증, 통증 유발점 또는 만성 긴장을 가진 환자에 대한 빈틈없는 생리학적인 변화에 대한 연구.
- 4) 생리학적 변화라는 특별한 말로 더욱 오래 끄는 피하자극에 대한 검사.
- 5) 같은 실험보기 내에서 두세가지 피하자극방법을 비교해 볼 것 등이다.

참 고 문 헌

- 1) Melzack R, Dennis SG. *Neurophysiology of pain*. New York: Raven. 1978; L-26.
- 2) Graff-Radford SB, Reeves JL, Baker RL, Chiu D. *Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation of myofascial pain and trigger point sensitivity*. Pain 1989; 37: 1-5.
- 3) Reed BV, Held JM. *Effects of sequential connective tissue massage on autonomic nervous system of middle-aged and elderly adults*. Physical Therapy 1988; 1231-1234.
- 4) Lundeberg TCM. *Vibratory stimulation for the alleviation of chronic pain*. Acta Physiol Scand, Suppl. 1983; 523: 1-51.
- 5) Abram SE. *Increased sympathetic tone associated with transcutaneous electrical stimulation*. Anesthesiology 1976; 45: 575-577.
- 6) Abram SE, Asiddao CB, Reynolds AC. *Increased skin temperature during transcutaneous electrical stimulation*. Anesth Analg 1980; 59: 22-25.
- 7) Ebersold MJ, Laws ER, Albers JW. *Measurements of autonomic function before, during and after transcutaneous stimulation in patients with chronic pain and in control subjects*. Mayo Clinic Proceedings 1977; 52: 228-232.
- 8) Kats J, France C, Melzack F. *An association between phantom limb sensations and stump skin conductance during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) applied to the contralateral leg: A case study*. Pain 1980; 36: 367-377.
- 9) Ebner M. *Connective tissue massage*. Physiotherapy 1978; 64: 208-210.
- 10) Kisner CD, Taslit N. *Connective tissue massage: influence of the introductory treatment of auto-*

- onomic functions. Physical Therapy 1968; 48: 107-119.*
- 11) Barr JS, Taslits N. *The influence of back massage on autonomic function. Physical Therapy 1970; 50: 1679-1691.*
- 12) Hyuarinen J Pykko J, Sundberg S. *Vibration frequencies and amplitudes in the etiology of traumatic vasospastic disease. Lancet 1973; 2: 791-793.*