

간섭 전류 자극이 상지 혈류변화에 미치는 영향
The Effects of Interferential Current Therapy on
Blood Flow in upper limbs

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

박 래 준

청주과학대학 물리치료과

박 영 한

Park, Rae-joon, P.T., Ph.D.

*Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu
University*

Park, Young-han, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Chung-Ju National College of Science and Tech

<ABSTRACT>

The purpose of study was to compare change of blood volume on upper limb of stimulus site on interferential current therapy. Twenty university student(twelve females, eight males :mean aged 23.08) with health condition participated this study. MP150 system(biopac system) was used to measured blood volume. PPG sensor was located thru finger end

The obtain result are as follows.

1. The result of this study were following that stimulate time blood volume were significantly increased sympathetic stimulation group compared with muscle stimulation group($p<.05$).
2. The result of this study were following that stimulate time blood volume were significantly increased sympathetic stimulation group compared with muscle stimulation group($p<.05$).
3. The result of this study were following that sympathetic stimulation group were significantly increased stimulate time blood volume compared with stimulate time blood volume($p<.05$).
4. The result of this study were following that muscle stimulation group were significantly increased stimulate time blood volume compared with stimulate time blood

volume($p < .05$).

I. 서 론

오랜 세월 동안 다양한 혈관 질환을 치료하기 위해 전기 자극을 사용해 왔다. 혈관수축, 연부조직 상처 및 부종 등의 경우와 심정맥 혈전의 방지 경우에 전기자극이 상당한 효과를 나타내는 것으로 밝혀졌고, 반면에 일부 연구에서는 그러한 결과를 반박할 만한 증거도 발표되었다(Olson 등, 1999).

전기자극은 동맥혈류량에 영향을 미칠 수 있으며 또는 근수축을 통해 국소 대사산물을 생성함으로써 동맥혈류량에 영향을 미칠 수 있다(박래준, 2003).

정맥 혈류량의 생리적 조절은 교감신경에 의해 조절되는 정맥 긴장을 통해 이루어지며, 그리고 골격근 수축의 펌핑 효과에 의해 이루어진다. 전기자극을 적절히 하면 불수의적 근육 펌핑 효과를 만들어낼 수 있는데, 이것은 정맥 환류를 증가시킬 수 있다. 심정맥 혈전의 위험을 감소시킨다는 점에서 이 펌프효과는 수술 중 및 후에 매우 중요한 적용방법이다.

그러나 최근의 이론에서는 한 가지 조절 기전이 세포 조직의 전위차를 변화시키고, 말초에서 신경중추까지 “손상 전류”를 증가시키는 것과 관련이 있다고 밝히고 있다. 현재, 전기자극으로 상처 치료를 촉진할 수 있다는 이론을 제시하였는데, 두 가지 유형의 전류가 유용하게 사용될 수 있다고 하였고, 그것은 지속적인 저강도 직류는 감염 상처 부위에서 효과적인 살균효과를 제시하였고, 단상 맥동전류는 손상 전류를 증가시킴으로써 상처 치료를 촉진시킨다고 하였다. 이러한 증가된 손상 전류는 상처치유를 촉진한다는 것이 아직 명확히 밝혀지지 않았고, 오히려 혈관 확장 또는 축삭 반사로 인해 혈류량이 증가되면 상처치유를 더욱 촉진할 수 있다고 하였다(박래준, 1995).

경피신경전기자극치료는 급성 손상으로 부종이 있는 환자에게 동맥이나 정맥 순환에 영향을 미친다고 보고하고 있다(Kaada, 1982; Kaada, 1983; Kjartansson 등, 1988; Nikolova, 1987; Michlovitz 등, 1988). 이것은 신경섬유를 자극함으로써 국소 혈류량이 증가하였다고 가설을 세우고 있다(Kaada & Emru, 1988; Owens 등, 1979; Reed, 1992). 고압맥동전류는 단상의 쌍점점파 전류로 평균전류가 μA 로 상처치유 촉진효과가 밝혀졌다(Kloth & Feedar, 1988).

두 개의 서로 다른 전류가 겹쳐졌을 때 전류값의 가중(summation)과 상쇄(cancellation)로 진폭이 변조(amplitude modulation)된 맥놀이(beat)를 생산하게 되는데 이것이 간섭전류의 특징이다. H. Nemece에 의해 처음 소개된 간섭전류는 기존 저주파에서 나타나는 불쾌감을 줄여주며 보다 심부조직을 효과적으로 자극할 수 있다(White et al., 2001)

진통작용의 기전은 간섭전류가 말초신경보다는 근육섬유를 직접 자극함으로써 근육 내 혈류 흐름을 증진시켜서 치유과정을 촉진시킨다는 보고(White et al., 2001)가 있고, 간섭전류는 말초순환 증진을 일으키는데, 이러한 생리학적 효과에 대한 기전은 아직 밝혀지지 않고 있다. 가능한 기전으로는 간섭전류자극이 소동맥에 대한 교감신경의 생리학적 차단을 일으켜서 신경활동이 억제되어 소동맥 근육의 긴장 감소로 순환이 증가 될 수 있다는

것이다(Noble et al., 2000). 또 다른 기전으로는 100Hz로 적용된 간섭전류가 근골격계 펌프를 활성화시킴으로 말초순환이 증가된다는 것이다(Goats, 1990)

본 연구의 목적은 상처치유의 촉진이나 부종완화 등은 혈류량 증가와 밀접한 관련이 있기 때문에 다양한 전기자극 치료법 중 간섭전류의 다양한 변수가 혈류량 개선에 미치는 효과를 알아보고 향후 전기치료 분야의 지표로 활용하고자 우선 간섭전류의 교감신경절 자극과 근육군 자극의 차이를 알아보고자 한다.

III. 연구 대상 및 방법

1. 연구의 대상

2003년 7월 1일부터 8월30일까지 건강한 20대 남 8명 여 12명 계20명을 대상으로 하여 본 연구에 동의하며 아래 조건을 충족시키는 자로 하였다.

- (1) 급성관절염이나 심장에 문제가 없는 자
- (2) 심부정맥의 혈전증 소인이 없는 자
- (3) 이전에 방사선 치료를 받은 적이 없고 악성 종양이 없는 자
- (4) 피부 질환이 없는 자

2. 실험 방법

1) 실험실 온도는 연구기간 평균 24°C를 유지하고 연구 대상자는 실험실 1시간 전부터 음식이나 뜨겁거나 냉수를 먹지 않고, 안정을 취한 후 자극 전 혈류량, 자극중의 혈류량 변화, 자극 20분경과 시 혈류량변화를 측정하였다. 각 피험자는 교감 신경절 자극 혈류량을 측정 하고, 다시 안정을 취한 뒤 다음 날 근육군 자극 혈류량을 측정 하였다.

2) 자극부위

- 교감신경절 자극군 : 상지 혈류량 변화에 관련이 있는 경추부 성상신경절(교감신경절) 부위에 헤테로다인(heterodyned)맞추어 4극 배치방법으로 자극한다.
- 근육 자극군 : 상지 전완 근육에 4극 배치 방법으로 자극한다.

3) 자극 특성

- 간섭전류(Phyaction 787, Holland)를 사용하여 중간정도(medium dose), 편안하고 근수축이 감지될 정도의 강도로 파형은 고정주파수(100bps)를 사용하였다

4)혈류량 측정

Biopack EMG System MP150을 사용하여 Simple sensor가 부착된 Pulse plethysmogram을 손가락 끝에 부착하여 실시간 혈류량의 변화를 모니터링하여 컴퓨터에 입력한 후, 피험자 간의 차이를 없애고 비교하기 위하여 자극전의 안정시 값을 참고값(reference value)으로 활용하여, 자극 시와 자극후의 값을 표준화(normalization) 하였다.

5)통계학적 분석

(1)자극 시와 자극 후(20분 경과) 분석

통계학적 검정을 위하여 SPSS통계 프로그램을 사용하며 유의수준 α 는 .05로 정하고 교감 신경 자극 그룹과 근육군 자극 그룹의 차이를 비교하기 위해 student t test를 사용하였고, 각 실험 군의 자극 시와 자극후의 값을 비교하기 위해 paired t test를 사용 하였다.

III. 결 과

1. 실험 대상자의 일반적인 특성

본 실험에 참여자는 20대 초반의 남자 8명과 여자 12명이 참여하였고, 키는 171.4세, 몸무게는 평균 64.2kg이었다(표1).

<표 1> 대상자의 일반적인 특성

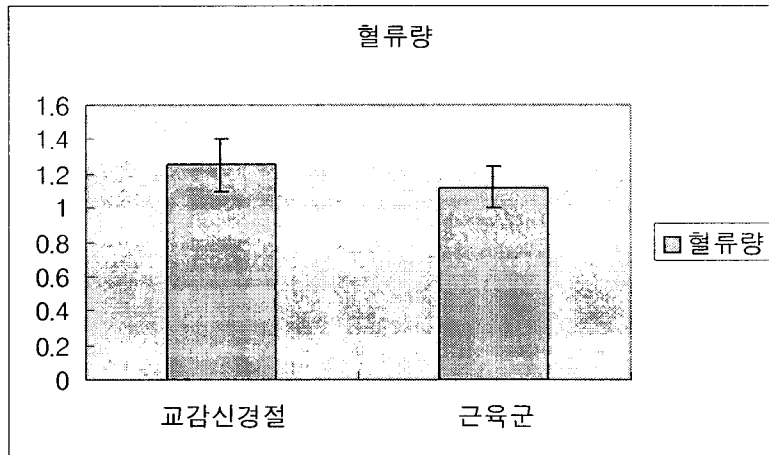
		(평균 ± 표준 편차)
성별	남	8(명)
	여	12(명)
나이		23.08±0.99
키		171.4±10.32
몸무게		64.2±10.13

2. 교감신경절 자극시와 근육자극시의 혈류량 비교

교감신경절 자극시의 혈류량과 근육 자극시의 혈류량을 비교하기 위해 student t test를 사용하여 비교한 결과 교감신경절을 자극시의 혈류량과 근육 자극시의 혈류량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(표 2)(그림.1).

<표 2> 교감신경 자극시와 근육자극시의 혈류량 비교

	평균 ± 표준 편차	t-value	P- value
교감신경절자극	1.25±0.16	-3.084	0.004
근육 자극	1.12±0.12		



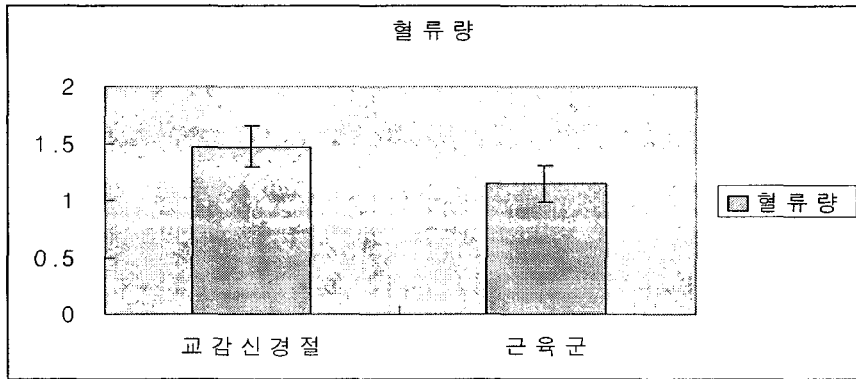
<그림 1> 교감신경 자극시와 근육자극시의 혈류량 비교

3. 교감신경 자극후와 근육자극후의 혈류량 비교

교감신경절 자극후의 혈류량과 근육 자극후의 혈류량을 비교하기 위해 student t test를 사용하여 비교한 결과, 교감신경절을 자극후의 혈류량과 근육 자극후의 혈류량을 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(표 3)(그림 2).

<표 3.> 교감신경 자극 후와 근육자극후의 혈류량 비교

	평균 ± 표준 편차	t-value	P- value
교감신경절자극	1.47±0.18	-5.867	0.000
근육 자극	1.15±0.16		



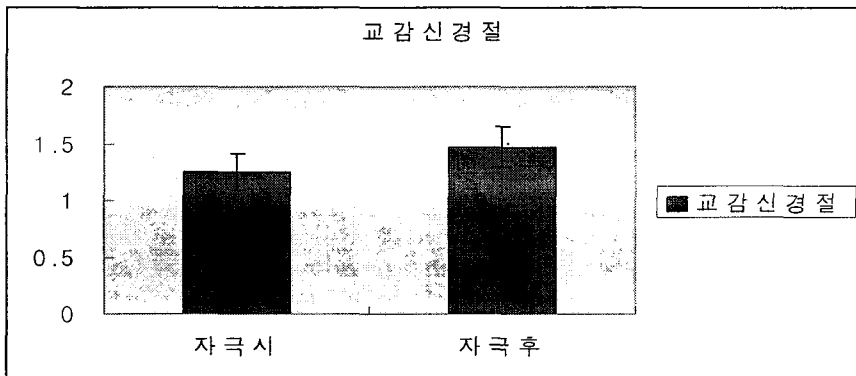
<그림 2>교감신경 자극 후와 근육자극후의 혈류량 비교

4. 교감신경절 자극군에서 자극시와 자극후 비교

교감신경절 자극시 혈류량과 자극후의 혈류량을 비교하기 위해 paired t test를 사용하여 비교한 결과, 교감신경절 자극 시 혈류량과 자극 후 혈류량을 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.($p < .05$)(표 4)(그림 3)

<표 4> 교감신경자극군에서 자극 시와 자극 후 비교

	평균 ± 표준 편차	t-value	P-value
자극시	1.25±0.16	-6.571	.000
자극후	1.47±0.18		



<그림 .3> 교감신경절 자극군에서 자극 시와 자극 후 비교

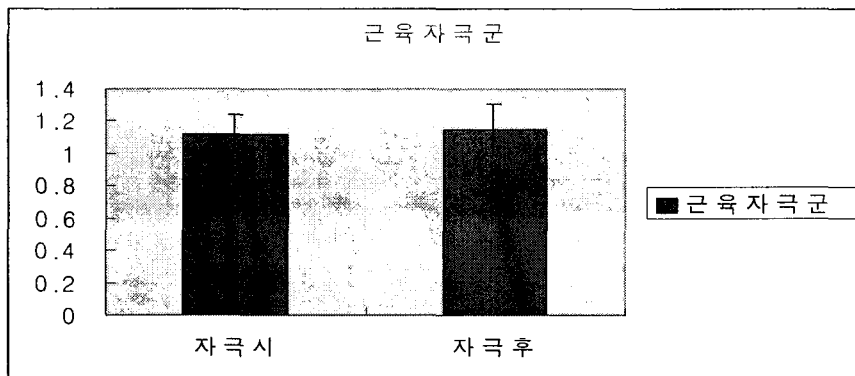
5. 근육 자극군에서 자극 시와 자극 후 비교

근육군 자극시 혈류량과 자극 후의 혈류량을 비교하기 위해 paired t test를 사용하여 비교한 결과, 근육군자극 시 혈류량과 자극 후 혈류량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다

($p < .05$)(표 5)(그림 4).

<표 5> 근육 자극군에서 자극 시와 자극 후 비교

	평균 ± 표준 편차	t-value	P-value
자극시	1.12±0.12	-0.803	.432
자극후	1.15±0.16		



<그림. 4> 근육 자극군에서 자극 시와 자극 후 비교

IV. 고 찰

전기자극이 외조절계를 통해 골격근에서 동맥 혈류를 증가시킬 수 있다는 또 하나의 증거는 1901년 Bayliss의 발표와 해석에 따르면 외피를 벗긴 개의 뒷다리에서 요천골 척추신경 후근을 자극하면 조직 체적이 증가하며 이는 골격근의 혈관이 확장한다는 것이며, Bayliss도 요천골 부위의 후근 지각 구심성 섬유 중 일부는 혈관확장 섬유의 역할을 한다고 주장했다. 또한 그는 관련 메카니즘을 구심성 섬유의 역행성 자극으로 가정하였고, 이 이론은 현재까지 지속되고 있다. 그리고 이 혈관확장 섬유의 중추 유도 역행 자극은 말초 혈류를 통제하기 위한 생리적 메카니즘이라고 주장했지만 그러한 기능은 입증된바 없다. 그 이후 동물 연구를 통해 Bayliss의 연구 결과가 입증되었지만, 후근 자극은 골격근이 아닌 피부에서만 혈류 증가를 일으킨다고 주장하는 학자들도 있고 골격근이 영향을 받는다고 주장하는 학자들도 있다. 환자의 척추 신경 후근을 경막의 및 표피를 자극하였는데 혈류량 측정법으로 측정한 결과 사지 용적이 증가하였다. Cook 등(1976)은 실제로 국소빈혈의 증상을 완화시키는데 교감신경절제술(sympathectomy)보다는 후근자극이 더욱 효과적이라고 주장했다.

후근 자극과 연관된 혈류의 증가가 단순한 축삭돌기 반사의 “상행(upstream)” 작용인지 또는 다른 기전인지 불확실하다고 하였다. 축삭 반사는 골격근이 아닌 피부에서만 반응을 한다는 주장도 있다. 혈류의 변화를 담당하는 섬유는 그룹 IV(C) 섬유라는 사실에서 또다른 해석을 할 수 있다. 척추 자극이 C 섬유에서 순행성과 역행성 자극을 일으킨다고

가정할 경우, Kniffki등(1981)이 주장한 근육 구심성 섬유의 에르고수용체(ergoreceptor) 기능이 작용할 수도 있다. 후근 자극은 이 경우 운동과 연관된 중추 교감신경 반응을 초래한다. 또 다른 설명에 따르자면 작은 구심성 신경을 자극하면 골격근에서 프로스타글란딘이 발생하며, 이 프로스타글란딘은 혈관확장을 유도한다는 것이다. Hilton & Marshall(1980)은 이 메카니즘을 다음과 같은 결과에 근거하여 주장했는데, 그 근거란 후근 자극으로 인한 혈관확장을 프로스타글란딘 억제제인 인도메타신(prostaglandin synthetase inhibitors indomethacin) 또는 아세틸살리클릭산 (acetylsalicylic acid)으로 크게 감소시킬 수 있다는 것이다. 후근 자극과 연관된 근육 혈류 증가를 입증한 마지막 기전으로는 통증에 수반되는 혈관수축이 전기자극-유도 통증 완화 때문에 감소한다는 사실이다.

자율신경계는 교감신경계와 부교감신경으로 내장, 혈관, 및 샘 등에 분포하여 이들기관의 기능을 일상생활에 필요한 정도로 무의식적 또는 반사적으로 조절하는데 그 중 교감신경은 신경말단에서 아드레날린이 유리되는 “아드레날린 동작성 뉴런”으로 심장 활동 촉진, 혈관수축, 소화기능 억제 등으로 작용한다.

그러므로 교감신경 긴장도(sympathetic tone)의 증가시에는 혈관수축 반응이 촉진되어 혈류량의 감소가 발생되고, 교감신경 긴장도의 감소시에는 혈관 수축반응이 억제되어 혈류량의 증가가 나타난다고 하였다(김정진, 1992).

본 연구에서는 간섭전류에 의한 교감신경절을 헤테로다인 방식으로 자극한 결과 자극 전후의 혈류량의 변화를 관찰할 수 있어서 Cook 등(1976)의 이론과 부합했으며 사지의 혈류량 개선 방법으로 사용이 가능할 것으로 생각된다.

전기자극은 피부 혈류에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. Foerster(1933)는 후근 자극이 관련 감각 구심성 신경을 자극한 피부 부위에서 충혈을 일으킨다는 사실을 발견했다. 그리고 1933년 그는 이 현상을 이용해 인체 피부분절을 도식화하였다. 동물 대상 실험에서 직접적인 통증 구심성 섬유의 역행성 자극과 교감신경 구심성 섬유의 직접 자극은 특히 피부의 혈관확장과 관련 지워졌었다. 인체 대상 실험에서 척추의 경추 및 흉추를 침해성 전극을 사용해 경피전기자극한 결과 피부온도 상승과 형광 측정치를 통해 피부 혈류가 증가하였음을 알 수 있었다. 그러나 Tallis 등은(1983) 경막 자극으로 Xe 클리어런스 측정법을 사용하여 미미한 피부혈류의 증가를 관찰하였다. 경막 자극과 경피 자극은 뛰어난 상처 치료의 효과를 가진다고 발표된바 있으며, 이는 피부 혈류 증가와도 관련이 있을 수 있다.

일부 경우에는 전기자극을 사용한 사지의 근육 수축 유도로 인해 정맥혈 복귀(venous return)가 증가하는 것으로 알려져 있다. 이 현상은 1877년 Gaskell이 관찰하였고 그 후 많은 학자들이 인정하였다. 1948년 Wakim은 폐색 혈량측정법을 사용해 강직성 완전마비 환자와 건강한 사람에게서 전기자극을 사용해 정맥혈 복귀가 증가하는 것을 입증하였다. 이 실험을 통해 다리 정맥을 압박하고 심장으로 향하는 혈류에 압력을 가한 결과, 골격근 수축으로 인해 정맥 혈류가 증가하였다는 증거를 얻었다. 1948년 Apperly와 Cary도 다리에 간헐적인 전기자극을 하여 기립성 저혈압을 효과적으로 방지하였음을 입증하였다.

동시에 전기자극이 수술 후 심정맥 혈전의 발생과 관련 폐색증 위험을 감소시키는데 효과적일수도 있다는 가능성에 관심을 가졌다. 그래서 두 학자는 정맥혈행 정지가 혈전 형성을 가속화한다고 추론했다. 전기자극이 정맥 혈행 정지를 감소시킨다면 심부정맥혈전도 방지할 수 있다는 것이다. 심부정맥혈전이 흔하며 그와 관련된 발병률 및 사망률 때문에 이러한 전기자극의 사용은 매우 중요한 응용으로 간주되었다.

본 연구에서는 혈류량측정을 손가락 끝에 센서가 부착된 측정 장치를 부착하여 심부혈류 보다는 피부혈류를 측정하여 간섭전류에 의한 전기자극이 심부혈류의 증가라고는 볼 수 없으나 전기자극이 피부 혈류량을 증가시키는 것을 확인할 수 있었다.

간섭전류 자극은 운동신경을 직접자극하여 근수축을 일으킨다. 이렇게 유도된 근수축은 순환을 증가시키고 근육의 치유를 촉진시키는 효과가 있고(Werners et al., 1999), 아울러 간섭전류 자극은 근력증가에도 효과적이라고 하였다(Bircan et al., 2002). 본 연구에서 교감신경절 전기자극은 자극 전후에 혈류량의 변화가 통계학적으로 유의한 차이가 있었으나 근육군을 자극한 그룹에서는 차이가 없었고 두 군사이에는 유의한 차이가 있어 간섭과의 전기자극에 의한 혈류량 변화는 근 펌핑 작용에 의한 혈류량의 변화라기보다는 교감신경의 작용이 아닌가 유추할 수 있으며 향후 다양한 변수를 사용하여 간섭전류에 의한 혈류량 개선 치료의 지표를 마련해야 할 것이다.

V. 결 론

건강한 20대 남 8명 여 12명 계 20명을 대상으로 간섭전류로 교감 신경절 자극과 근육군 전기자극 후 혈류량을 측정 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 교감신경절 자극시의 혈류량과 근육 자극시의 혈류량을 비교하기 위해 student t test를 사용하여 비교한 결과 혈류량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.($p < .05$).
3. 교감신경절 자극후의 혈류량과 근육 자극후의 혈류량을 비교하기 위해 student t test를 사용하여 비교한 결과 혈류량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.($p < .05$).
4. 교감신경절 자극시 혈류량과 자극후의 혈류량을 비교하기 위해 paired t test를 사용하여 비교한 결과 혈류량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.($p < .05$).
5. 근육군 자극시 혈류량과 자극후의 혈류량을 비교하기 위해 paired t test를 사용하여 비교한 결과 혈류량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

참고문헌

- 김정진 : 생리학, 고문사, 1992.
- 박래준 전기자극이 개구리 뒷다리 부종형성에 미치는 영향. 대한물리치료학회지 1995;(7)1-8, 1995.
- 박래준 외: 전기치료학. 현문사, 2003
- Apperly FL and Cary M : The control of circulatory stasis by the electrical stimulation of large muscle groups Am J Med Sci 216:403-406, 1948
- Bayliss, WM : On the origin from the spinal cord of the vaso-dilator fibres of the hindlimb and on the nature of these fibres. J Physiol(Lond)26:173-209, 1901.
- Bircan C et al. : Efficacy of two forms of electrical stimulation in increasing quadriceps strength : a randomized controlled trial. Clin Rehabil16(2) 87-92, 2002
- Cook, AW, Oygur, A, Baggenstos, P, et al:Vascular disease of the extremities : Electric stimulation of spinal cord and posterior roots. New York State Journal of Medicine 76:366-368,1976.
- Crayton, SC, Aung-Din, R, Fixler, DE, et al : Distribution of cardiac output during induced isometric exercise in dogs. Am J Physiol 236:H218-H224, 1979.
- Foerster, O : The dermatomes in man. Brain 933:56:1-39, 1993
- Gaskell WH : On the change of the blood stream in muscles through stimulation of their nerves. J Anat 11:360-402, 1877
- Goats GC et al.: Interferential current therapy. Br J Sport Med 24(2): 87-92, 1990
- Hilton, SM and Marshall, JM : Dorsal root vasodilation in cat skeletal muscle. J Physiol(London)299:277-288, 1980.
- Kaada B, Emru : M. Promoted healing of leprosy ulcers by transcutaneous nerve stimulation. Acupuncture and Electro-Therap Res, Int J 13:165-176. 1988
- Kaada B : Promoted healing of chronic ulceration by transcutaneous nerve stimulation(TNS). VASA Journal for Vascular Disorders 12:262-269. 1983
- Kaada B : Vasodilation induced transcutaneous nerve stimulation in peripheral ischemia(Raynaud's phenomenon and diabetetic polyneuropathy). Eur Heart J 3:303-314. 1982
- Kjartansson J, Lundeberg T, Korlof B : Transcutaneous nerve stimulation in ischemic tissue. Plastic and Reconstructive Surgery 81:813-814. 1988
- Kloth LC, Feedar JA : Acceleration of wound healing with high voltage, monophasic, pulsed current. Phys Ther 68:503-508. 1988
- Kniffki, KD,Mense, S, and Schmidt, RF : Muscle receptors with fine afferent fibers which may evoke circulatory reflexes. Circ Res(Suppl 1)48:25-31, 1981.
- Michlovitz S, Smith W, Watkins M.: Ice and high voltage pulsed stimulation in

- acute lateral ankle sprains. *J Orthop Sports Phys Ther* 9:301-304, 1988
- Nikolova L : Treatment with Interferential Current. In *Treatment with Interferential Current*. 33-36. 1987
- Noble JG et al. : The effects of interferential therapy upon cutaneous blood flow in humans. *Clinical Physiology* 20(1): 2-7, 2001
- Olson SL, Perez JV, Stacks LN & Walsh MH : The effects of 경피신경es and interferential current on cutaneous blood flow in healthy subjects. *Physiotherapy Canada*, 27-31, 1999.
- Owens S, Atkinson RE, Lees DE : Thermographic evidence of reduced sympathetic tone with transcutaneous nerve stimulation. *Anesthesiology* 50:62-65. 1979
- Reed B : Peripheral vascular effects of electrical stimulation. IN Currier DP, Nelson RM, eds. *Dynamics of human biologic tissues*. Philadelphia:FA Davis Co. 134-162. 1992
- Tallis RC, Illis LS, Sedgwick EM, et al : Spinal cord stimulation in peripheral vascular disease. *J of Neurosurg Psychiatry* 46:478-484, 1983
- White PF et al : Its role in acute and chronic pain management. *Anesthesia* 92:505-515, 2001
- Weners R et al : Randomized trial comparing interferential therapy with motorizing lumbar traction and massage in the management of low back pain in a primary care setting. *Spine* 24(5):1579, 1999