

## 간섭전류 자극 방법에 따른 말초혈류의 변화

박영한<sup>1</sup> · 황경옥<sup>2</sup>

<sup>1</sup>충주대학교 물리치료학과 · <sup>2</sup>대구대학교 물리치료학과

### The change of the peripheral blood circulation by the method of interferential current stimulation

Young Han Park, PhD<sup>1</sup> · Kyoung Ok Hwang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Dept. of physical therapy, Chung-ju National University*

<sup>2</sup>*Dept. of physical therapy, Dae-gu University*

#### ABSTRACT

**Purpose** : The purpose of this study is to have examined the influence on the blood circulation by comparing the differences between stimulating the sympathetic ganglion and the muscle group among the stimulation variables in interferential current stimulation and to have found out the most effective stimulating mode for the improvement the peripheral blood circulation in the interferential current stimulation. **Method** : The subjects of the study is the men and women in the twenties, who are in great condition and have no pathological report for the blood circulation influence. The intensity of the inferential current stimulation is the medium degree, 100 bps constant current, which is the comfort and overt degree to confirm the muscle contraction. The areas stimulated by the interferential current stimulation are the stellate ganglion area in the seventh cervical vertebrae and the forearm muscle area. The stimulating time is twenty minutes long. After stimulating the two areas, the change of the blood circulation has been measured. **Results** : Both stimulating the sympathetic ganglion and stimulating the muscle, before and after interferential current stimulation, we have seen that the amount of blood circulation was increased significantly and statistically in both two groups( $p < .01$ ) and that the amount of blood circulation was increased significantly and statistically in the case of stimulating the sympathetic ganglion( $p < .01$ ). **Conclusion** : The conclusion we received that inferential current stimulation had the clear influence on increasing the peripheral blood circulation. And stimulating the sympathetic ganglion area is more effective than stimulating muscle area directly.

**Key words** : ICT, circulation, sympathetic nerve

## I. 서론

혈류량이란 단위 시간에 흐르는 혈액의 양으로 혈관의 단면적과 평균 혈류 속도를 곱해서 나타낸다(김병원 등, 2009). 혈류량은 혈류 속도와 혈관 저항 즉 혈관의 직경에 의해 결정되는데, 아직까지는 혈류량을 정확하고 쉽게, 비침습적인 방법으로 측정할 수 있는 방법은 없다(김진호 등, 2000). 혈류 속도를 측정하는 방법으로는 초음파를 이용한 도플러 유량계(Doppler flowmeter)를 많이 사용하는데, 혈류 속도의 증가가 혈류량의 증가를 그대로 반영하는지에 대해서는 논란이 많다. Cramp 등(2000)은 혈량 측정법을 이용하면 사지의 순환이 변화하는 것을 측정할 수 있고 피부의 미세 혈관의 변화에 아무런 영향을 미치지 않고 혈류량을 측정할 수 있다고 하였다.

전기자극은 피부 혈류에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, Foerster(1933)는 척수 후근 자극이 관련된 구심성 감각신경이 분포한 피부 부위의 충혈을 일으킨다고 하였고, 건강한 사람을 대상으로 경피신경전기자극을 이용하여 말초 혈류량과 피부온도의 증가를 보고한 것을 비롯하여 여러 학자들이 전기자극이 혈류량을 증가시킨다고 주장하였다(Cramp et al., 2000 ; Currier et al., 1986; Noble, 2000; Wakim, 1953). 반면에 다른 연구자들은 혈류량의 감소를 보고하기도 하였고 일부는 아무런 영향이 없었다고 보고하고 있어 연구자간 상반된 주장들이 제기되고 있다(Indergand & Morgan, 1995; Tracy et al., 1988; Wong & Jette, 1984).

전기자극 방법의 하나인 간섭전류자극은 임상적으로 통증 조절을 위해 사용되고 있으며, Kloth(1992)는 간섭전류자극의 매우 짧은 맥동기간은 신경섬유의 순응을 일으키지 않기 때문에 더 높은 전류를 조직에 전달시키며 더 큰 침투를 가능하게 한다고 하였다. 간섭전류자극이 말초 순환(peripheral circulation) 증진을 일으키는 생리적 효과에 대한 기전은 아직 불명확하지만, Noble 등은(2000) 간섭전류자극이 소동맥의 교감신경섬유에 생리적 차단을 일으켜 신경활동이 억제되어 소동맥 근의 긴장 감소 즉, 혈관 확장(vasodilation)으로 인해 순환이 증가될 수 있다고 하였고, 또 다른

기전으로는 근골격계의 펌프 활동에 의해 말초 혈류를 증가시킨다는 것이 제안되고 있다(DeDomenico & Strauss, 1985; Goats, 1990).

본 연구에서는 인체에 전기자극을 가했을 때 나타날 수 있는 혈류 변화를 통해 간섭전류자극이 말초 순환에 미치는 영향을 알아보고, 자극 변수 중 자극 부위에 따른 혈류량의 변화를 나타내어 교감신경을 자극했을 때와 근육을 직접 자극하였을 때 혈류 변화 정도를 비교하여 말초 혈류량 개선을 위한 간섭전류자극 시 효과적인 자극 방법을 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 20대 남·여 20명을 대상으로 혈액량 변화에 영향을 줄 수 있는 병리적 소견이 없고 신체적으로 건강한 자로 하였다. 대상자는 본 연구에 대한 충분한 설명을 듣고 자발적으로 동의서를 작성하고 실험에 참여하도록 하였다.

표 1. 대상자의 일반적 특성

Sex	Male (n=8)	Female (n=12)	Total (n=20)
Age(yr)	25.00±0.00	23.00±0.00	23.80±1.01
Height(cm)	182.50±2.58	164.00±5.78	171.40±10.45
Weight(kg)	76.00±4.13	56.33±1.27	64.20±10.27
Mean±SD			

### 2. 실험준비 및 실험설계

본 실험의 실험실 환경온도는  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 습도는  $50 \pm 10\%$ 를 유지하였다. 실험대상자는 실험실에서 1시간 전부터 음식이나 온수, 냉수를 먹지 않게 하고 안정을 취한 후 안정 시 혈액량 측정 후 간섭파 전류로 상지 혈액량 변화와 관계있을 것으로 고려한 교감신경절(성상신경절) 부위에 헤테로다인(heterodyned) 배치법에 따라 4극 배치방법으로 총 20분간 자극하였고, 18분이 경과되었을 때 혈류량을 측정하였다. 2시간 이상 안정을

취한 후 똑같은 순서로 좌측 상완 근육군에 4극 배치 방법으로 간섭과 전류 자극하여 혈류량을 측정하였다.

### 3. 간섭전류 자극기 및 자극 방법

간섭전류자극은 간섭전류 자극기(Phyaction 787, Holland)를 사용하여 중간정도(medium dose)의 강도로 편안하고 근수축을 가시적으로 확인할 수 있을 정도로 하였다. 주파수는 100bps의 고정주파수를 사용하여 5초간 rise time, 10초 on time, 5초 fall time, 10초 off time으로 자극하였다. 자극 부위는 경추부 성상신경절(stellate ganglion)부위에 헤테로다인 배치법으로 직경 6cm의 원형 흡인전극을 이용하여 4극 배치하였다. 근육 자극은 상지 전완 근육군에 직경 6cm의 흡인전극을 이용하여 4극 배치 방법으로 자극하였다. 자극 시간은 20분으로 하였다.

### 4. 혈류량 측정

혈류량 변화를 측정하기 위한 기구로는 Biopack System MP 150 (Biopac System, Inc., USA)의 Pulse plethysmogram을 사용하였다. 대상자는 손가락 끝에 simple sensor를 부착하고 바로 누운자세에서 실시간 혈류량의 변화를 모니터링하여 컴퓨터에 입력한 후 대상자 간의 차이를 없애고 실험군을 비교하기 위하여 자극전의 안정 값을 참고치(reference value)로 활용하여 자극 시와 자극 후의 값을 표준화(normalization)하였다.

### 5. 통계적 분석

안정 시 혈류량과 자극 시, 자극 후의 말초 혈류량 변화를 알아보기 위해 교감신경 자극 실험군과 근육군 자극 실험군 모두 일원배치 분산분석(one way ANOVA)하여 비교하였다. 두 실험군 간의 차이를 비교하기 위해 말초 혈류 변화량을 계산하여 독립표본 t-검정(independent t-test)하였다. 분석한 결과의 유의성 검증 수준은 .05로 하였고 통계분석은 SPSS Window for 12.0을 이용하였다.

## Ⅲ. 연구 결과

### 1. 교감신경 자극과 근육 자극의 간섭전류자극 전·후의 말초 혈류량 변화

교감신경과 근육을 자극하여 혈류량을 측정한 결과 안정 시 값을 참고로 하여 교감신경 자극시 근육군 자극 시  $1.12 \pm 0.12$ 에서  $1.15 \pm 0.16$ 으로  $1.26 \pm 0.16$ 에서 자극 후  $1.48 \pm 0.19$ 로 증가하였으며 증가하였다. 일원배치 분산분석 하였을 때 두 군 모두 안정 시, 자극 시, 자극 후 말초 혈류량이 통계적으로 매우 유의한 증가를 나타냈다( $p < .01$ ). Duncan's 다중 순위 검정으로 사후 분석한 결과 교감신경을 자극했을 때 안정시(a), 자극 시(b), 자극 후(c) 모두 차이를 보여 각기 다른 순위를 나타냈다( $p < .05$ ). 근육군을 자극했을 때는 안정 시(a)와 자극 시(b), 자극 후(b) 간에는 차이를 나타냈으나 자극 시와 자극 후는 같은 순위를 나타냈으므로 안정시 보다 자극 시, 자극 후 증가한 말초 혈류량의 정도는 유사하였다( $p < .05$ ) (표 2).

### 2. 교감신경 자극과 근육군 자극 간의 말초 혈류량 변화의 차이

Blood flow I은 안정 시와 자극 시, Blood flow II 자극 시와 자극 후, Blood flow III 안정 시와 자극 후의 혈류 변화량을 나타냈다. 교감신경절과 근육군을 자극 하였을 때 두 군 간의 말초 혈류량 변화의 차이를 독립표본 t 검정 한 결과 안정 시와 자극 시의 혈류량 변화 Blood flow I는 교감신경 자극 시  $0.26 \pm 0.16$ mV/V만큼, 근육군 자극 시  $0.12 \pm 0.12$ mV/V만큼 증가하여 교감신경을 자극하였을 때 훨씬 더 증가하였고 이는 통계적으로 매우 유의한 차이가 있었다( $p < .01$ ). 자극 시와 자극 후의 혈류량 변화 Blood flow II는 교감신경 자극 시  $0.22 \pm 0.15$ mV/V였고 근육군 자극 시  $0.04 \pm 1.20$ mV/V로 교감신경 자극시 상대적으로 더 높은 증가를 나타냈다. 자극 후와 안정 시의 혈류량 변화 Blood flow III는 교감신경 자극 시  $0.48 \pm 0.19$ mV/V만큼 근육군 자극시  $0.15 \pm 0.16$ mV/V만큼 증가하여 교감

표 2. 안정시와, 자극 전·후의 말초혈류량의 변화 (unit : mL/V)

Experimental group	Stim.	Resting	Pre-stim.	Post-stim.	F-value	p-value
Sympathetic group(n=20)		1,00±0,00a	1,26±0,16b	1,48±0,19c	56,716	.000
Muscle group(n=20)		1,00±0,00a	1,12±0,12b	1,15±0,16b	9,864	.000

Mean±S.D.

주 : Pre-stim., pre-stimulation; Post-stim., post-stimulation.

a < b < c

표 3. 교감신경 자극군과 근육 자극군 간의 말초혈류량 변화의 차이 (unit : mL/V)

Experimental group	Change of blood flow	Blood flow I	t-value	p-value	Blood flow II	t-value	p-value	Blood flow III	t-value	p-value
Sympathetic group(n=20)		0,26±0,16			0,22±0,15			0,48±0,19		
Muscle group(n=20)		0,12±0,12	3,084	.004	0,04±1,20	3,312	.002	0,15±0,16	5,867	.000

주 : Blood flow I : The change of blood flow between resting and pre-stim.

Blood flow II : The change of blood flow between pre-stim. and post-stim.

Blood flow III : The change of blood flow between resting and post-stim.

Mean±S.D

신경 자극 시 더욱 증가하였고 이는 통계적으로 매우 유의하였다(p<.01) (표3).

#### IV. 고 찰

전기 자극은 여러 가지 혈관 반응을 일으킬 수 있는데 자극 부위와 자극 특성에 따라 혈관 반응이 달라질 수 있다. 이론적으로는 교감신경계의 활동 감소에 따른 혈류량 증가와 혈관 평활근의 자극으로 인한 혈관 확장을 일으킬 수 있으며 골격근 자체의 수축으로 인한 국소 혈류의 증가를 설명할 수 있다. 본 연구에서는 간섭전류자극을 이용하여 전기 자극 하였을 때 나타날 수 있는 혈류량의 변화를 알아보기 위해 간섭전류자극의 자극 변수 중 자극 부위를 교감신경절 자극과 근육 자체의 자극으로 나누어 그에 따른 혈류량의 변화를 측정하였다.

혈류량의 변화와 말초 순환을 측정하는 것은 심혈관계의 혈류와 용적의 역동성이 계속 변화하여 매우 복잡하기 때문에 초음파와 레이저를 이용한 도플러

유량계를 사용하여 혈류속도를 측정하는 방법을 사용한다. 그러나 혈류 속도의 증가가 혈류량의 증가를 반영하는지에 따른 논란이 많아 본 연구에서는 혈류에 따라 변화하는 장기나 기타 신체 부위의 용적 변화에 따라 혈류량을 측정한 혈량 측정법(plethysmography)을 이용하였다. 혈량 측정법은 비침해적인 측정 방법으로 깨어있거나 잠잘 때 손가락의 혈류량의 변화를 측정할 수 있으며, 직접적으로 근육의 교감신경계 활동을 기록하여 교감신경계의 활성을 직접적으로 평가할 수 있는 방법이다(Grote et al., 2003). 혈량 측정법을 이용하면 사지의 순환이 변화하는 것을 측정할 수 있고 피부의 미세 혈관의 변화에 아무런 영향을 미치지 않고 혈류량을 측정할 수 있다(Cramp et al., 2000).

전기적 자극에 의한 교감신경절의 생리적 차단은 주파수와 맥동 빈도에 관계가 있고 특히 간섭전류자극의 100bps 고정주파를 지속적으로 자극하면 신경 세포의 막전압이 Na<sup>+</sup> 투과성의 활성화에 의해 변화되어 교감신경절의 생리적 차단이 일어나고 norepinephrine 분비를 차단하여 말초 혈관이 확장된다. 이에 본 연구에서는 간섭전류자극의 자극 변수 중 경추의 성상신경절과 근

육에 간섭전류자극을 이용하여 자극하고 자극 시와 자극 후의 말초 혈류량을 측정한 결과, 안정시 1.00mV/V에서 자극 시 교감신경자극은 1.26mV/V로 근육 자극은 1.12mV/V로 증가하였고 자극 후 각각 1.48mV/V, 1.15mV/V까지 증가하였다. 이와 같은 결과를 일원 배치 분산 분석한 결과, 교감신경 자극과 근육 자극 모두 시간 경과에 따라 말초 혈류량이 통계적으로 매우 유의한 증가를 나타냈다. 또한 말초 혈류 변화량을 계산하여 교감신경 자극과 근육 자극의 두 군 간의 차이 비교에서도 통계적으로 유의한 차이를 나타내어 교감신경 자극이 말초 혈류량 증가에 효과적이라는 사실을 알 수 있었다. 이것은 간섭전류자극이 말초 혈류량에 영향을 미칠 수 있으며 교감신경절의 생리적 차단에 의해 말초혈관의 확장이 일어났음을 설명할 수 있다.

국내의 연구에 따르면 박래준 등(2003)은 간섭전류 자극이 교감신경계에 영향을 미쳐 혈류량을 증가시킬 수 있다고 보고하였고, 박장성과 이재형(1999)은 간섭전류자극으로 흉수의 교감신경절을 자극하여 우측 요골 동맥의 혈류 속도를 측정한 결과, 자극 전에 비해 자극 10분 후까지 시간이 경과함에 따라 혈류 속도가 증가하였으나 통계적으로는 유의한 차이를 나타내지 않아 간섭전류자극이 직·간접적으로 교감신경에 영향을 미치지 않았음을 보고하였다. 이와 같은 결과는 본 논문의 결과와 반대되는 결과를 나타내었는데 이는 본 논문에서는 경추의 성상신경절을 자극하였고 박장성과 이재형은 흉수의 교감신경절을 자극하여 자극 부위에 따라 혈류량의 변화에 차이가 있음을 시사할 수 있다.

국외의 연구로는 고주파 전류의 적용으로 소동맥의 성상신경절을 차단하여 말초 혈류량을 증가시킨다는 것을 제안한 연구가 많이 있다. Indergand와 Morgan (1995)은 간섭전류자극에 따른 전완의 혈관 저항을 측정하였는데 자극 부위는 성상신경절과 말초 신경을 자극하여 교감신경의 생리적 차단을 일으키도록 하였고 맥놀이 주파수는 90~100bps를 사용하였다. 그 결과 전완의 혈류량이 자극 후 통계적으로 유의하게 증가하였다고 보고하였고, 간섭전류자극이 말초 신경에 대해 교감신경의 혈관 수축 요인을 차단시킬 수 있다고 결론지었다. 이는 본 논문의 결과와 가장 유사하였

는데 간섭전류자극부위가 일치하였고 간섭주파수 역시 일치하여 교감신경절의 생리적 차단에 의한 혈관 확장 이론을 뒷받침 할 수 있다고 판단된다. Nassbaum 등(1990)은 0~100bps와 90~100bps의 주파수로 나누어 간섭전류를 경추의 교감신경절과 성상신경절, 배요측 교감신경 유출 부위, 말초 교감신경에 각각 적용하였을 때 말초 혈류량을 비교한 결과, 주파수나 자극 부위에 따라 혈관 확장 효과가 나타나지 않았다고 보고하였다.

이와 같은 결과들을 비교해볼 때 간섭전류자극은 교감신경계의 활성화에 영향을 미치고 말초 혈류량의 증가를 일으킬 수 있으며 자극 부위에 따라 교감신경계의 활성화에 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 간섭전류 자극 부위의 차이에 따라 혈류량 변화가 있다고 판단된다.

전기자극으로 인해 골격근의 혈류가 변화하는 것은 국소 조절이 영향을 미치게 된다. Cryton 등(1979)은 전기자극에 의한 골격근의 혈관 반응이 반사적으로 조절되는 것이 아니라 국소적으로 조절된다는 사실을 규명하였고 이것은 자극받은 조직의 신진 대사와 평활근 수축 요인의 결과임을 알 수 있다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서는 근육자극의 경우 교감신경자극에 비해 혈류량이 많이 증가하지 않았고 안정시와 비교하면 자극 시 자극 후 혈류량이 증가 했으나 자극 시와 자극 후의 변화는 큰 차이가 없었다. 교감신경과 비교하였을 때 혈류량 증가가 통계적으로 유의한 차이를 나타내어 간섭전류자극의 혈류량개선은 근육자극보다 교감신경자극에서 더욱 현저한 것으로 나타났다. 즉, 근육 펌프 효과 보다는 교감신경절의 생리적 차단이 더 효과적으로 말초 혈류량을 증가시킨다고 할 수 있으며 이는 간섭전류자극시 혈류량 개선에 교감신경절 자극이 효과적이라고 할 수 있다.

## V. 결 론

본 연구에서는 간섭전류자극이 말초 혈류량에 미치는 영향이 어떠한가를 알아보기 위해 자극 부위를 다

르게 하여 건강한 성인 20명을 대상으로 혈류량의 변화를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

교감신경 자극과 근육 자극 시 간섭전류자극 전·후 두 실험군 모두 통계적으로 유의하게 말초 혈류량이 증가하였으며( $p < .01$ ), 두 실험군 중 교감신경 자극 시 통계적으로 유의하게 말초 혈류량이 증가하였다( $p < .01$ ).

따라서 말초 혈류량 개선을 위해 전기 자극을 실시한다면 말초 부위의 근육을 자극하기 보다는 교감신경 부위를 자극하는 것이 훨씬 효과적이라는 것을 시사할 수 있다.

## 참고문헌

- 김병원, 김현주, 유병서, 허영구. 생리학. 1판. 서울: 대학서림. 2009:138-139.
- 김진호, 박영환, 남상범, 홍용우, 서문석, 광영란. 개에서 Norepinephrine이 상완 및 대퇴동맥에서의 압력과 혈류량에 미치는 영향. 대한마취과학회지 2000;39:417-422.
- 일본초음파의학회, 이종태 역. 초음파진단. 1판. 서울: 일중사. 1988.
- 박래준, 이문환, 김동현. 간섭파가 노인의 교감신경계에 미치는 영향. 대한물리치료학회지 2003;15(2):249-258.
- 박장성, 이재형. 간섭전류자극이 말초 혈류속도에 미치는 영향. 대한물리치료학회지 1999;11(2):37-42.
- Cramp AFI, Gilsenan C, Lowe AS, Walsh DM. The effect of high and low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation upon cutaneous blood flow and skin temperature in health subjects. Clin Physiol 2000;20(2):150-157.
- Crayton SC, Aung-Din R, Fixler DE. Distribution of cardiac output during induced isometric exercise in dogs. Am J Physiol 1979;236:218-224.
- Currier DP, Petrilli CR, Threlkeld AJ. Effect of graded electrical stimulation on blood flow to healthy muscle. Phys Ther 1986;66:937-943.
- DeDomenico G, Strauss GR. Motor stimulation with interferential currents. Aust J Physiother 1985;31:225-230.
- Foerster O. The dermatomes in man. Brain 1933;56:1-39.
- Goats GC. Interferential current therapy. Br J Sports Med 1990;24(2):87-92.
- Grote L, Zou D, Kraiczi H, Hedner J. Finger plethysmography - a method for monitoring finger blood flow during sleep disordered breathing. Respir Physiol & Neurobiol 2003;136:141-152.
- Indergand HJ, Morgan BJ. Effect of interference current on forearm vascular resistance in asymptomatic humans. Phys Ther 1995;75:306-312.
- Kloth LC. Electrotherapeutic alternatives for treatment of pain. Gersh, M.R. Philadelphia. FA Davis Co. 1992.
- Nussbaum E, Rush P, Disenhaus L. The effect of interferential therapy on peripheral blood flow. Physiotherapy 1990;76:803-807.
- Noble JG, Henderson G, Cramp AF, Walsh DM, Lowe AS. The effect of interferential therapy upon cutaneous blood flow in humans. Clin Physiol 2000;20(1):2-7.
- Tracy JE, Currier DP, Threlkeld AJ. Comparison of selected pulse frequencies from two different electrical stimulators on blood flow in healthy subjects. Phys Ther 1998;8:1526-1532.
- Wakim KC. Influence of frequency of muscle stimulation on circulation in the stimulated extremity. Arch Phys Med Rehabil 1953;291-295.
- Wong RA, Jette DU. Changes in sympathetic tone associated with different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. Phys Ther 1984;64(4):478-482.

논문접수일(Date Received) : 2011년 9월 21일

논문수정일(Date Revised) : 2011년 9월 26일

논문게제승인일(Date Accepted) : 2011년 9월 28일