

경피신경자극치료기(TENS)의 기능별 주파수에 따른 교근과 피개상피의 혈류변화에 관한 연구

경희대학교 치의학전문대학원 구강내과학교실¹, 경희대학교 구강생물학연구소²

조성국¹ · 어규식¹ · 전양현¹ · 홍정표^{1,2}

경희대학교 치의학전문대학원 학생 16명을 대상으로 경피신경자극치료기(TENS)의 기능별 주파수에 따른 교근과 피개상피의 혈류변화에 관하여 관찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. TENS를 적용한 실험에서 근육에서의 혈류가 증가된 것은 1.5, 3.0 Hz에서 관찰되었다.
2. TENS를 적용한 실험에서 근육에서의 이동혈류의 농도가 증가된 것은 1.5, 3.0, 6.0 Hz에서 관찰되었다.
3. TENS를 적용한 실험에서 근육에서의 혈류 속도가 증가된 것은 1.5 Hz에서만 관찰되었다.
4. 6.0Hz와 10.0Hz의 TENS를 적용한 실험에서 혈류, 이동혈류의 농도, 혈구 속도의 증가율이 모두 상피에 비하여 근육에서 낮게 나타났으며, 특히 6.0Hz의 혈류와 혈구 속도, 10.0 Hz의 혈류에서 가장 빈번하였다.

이상의 실험결과로 TENS를 적용한 물리치료를 시행할 경우에는 1.5, 3.0 Hz의 주파수가 효율적이며, 주파수의 강도가 높아질수록 근육에 미치는 영향은 바람직하지 않을 것으로 생각된다.

주제어: 경피성전기신경자극요법, 혈류, 교근, 레이저 도플러

I. 서 론

최근 의료계에는 원인을 알 수 없거나 치료에도 불구하고 호전되지 않는 구강안면통 또는 두통 등의 만성통증이 매우 증가되고 있다. 이러한 증상들은 턱관절의 구조 결함이나 이상에 의하여 야기되는 경우도 있고, 두개부의 이상에 의하여 나타나는 경우도 있으며, 많은 경우에 있어 턱관절이나 두 개의 구조 이상과는 무관하게 나타나는 경우도 빈번하게 관찰되고 있다.

이와 같은 경우, 어떠한 경우에서라도 문제가 되는

것은 구강안면을 구성하는 근육과 인대에 염증이나 근막동통이 야기되는 것인데, 이를 치료하기 위해서는 약물치료, 교합안정장치, 행동요법 등과 더불어 물리치료가 필수적으로 행하여지게 된다.

그러나 물리치료는 약물치료와는 다르게 정확하거나 일정한 기준을 마련하지 않고 시행되는 경우가 많고, 일정하게 시행된다 하더라도 환자의 개인에 따라, 또는 질환의 진행정도에 따라 매우 다양하게 반응하고 있는 것이 사실이다.

따라서 물리치료의 종류에 따라, 또는 적용하는 시기, 방법에 따라 인체에서 다양하게 나타내는 반응을 이해하는 것은 효율적인 물리치료를 시행하기 위하여 필수적인 것이리라 생각한다.

이에 본 논문에서는 경피신경자극치료기(TENS)를 이용하여 대표적으로 저작에 관여하며, 안면통의 주된 원인이 되는 교근부에 여러 가지 기능적 주파수를 적용한 후, 그에 대한 혈류의 변화를 체표와 근육심부로 나누어 비교관찰 함으로써 효율적인 치료기준을 마련하려고 하였다.

교신저자 : 홍정표

서울시 동대문구 회기동 1번지

경희대학교 치과대학 구강내과학교실, 구강생물학연구소

전화 : 02-958-9358

Fax : 02-968-2043

E-mail : unicomfort@khu.ac.kr

원고접수일: 2009-01-29

원고수정일: 2009-02-19

심사완료일: 2009-03-04

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험대상은 본 연구에 관심을 가지고 있는 경희대학교 치의학전문대학원 남학생 16명이었다. 나이는 28-35세였으며 모두가 비흡연자였다. 3개월간 목과 어깨 통증이 있거나, 알콜 또는 약물 남용, 순환에 영향을 줄 수 있는 특정 질병이나 약물을 복용하는 사람은 제외되었다. 대상자들은 카페인이 함유된 음료를 마시거나 먹지 않으며, 모임 전 2시간 내에는 운동을 하지 않기로 교육받았다. 이 연구에 대해 모든 대상자들은 구술, 서류로 통지받았으며 그들은 서류상으로 실험에 대한 동의를 하였다. 이들은 주파수를 달리한 서로 다른 TENS에 각 4명씩 무작위로 4그룹을 배정하여 실험하였다.

2. 실험방법

교근부 피부와 근육 내의 혈류를 새로 개발된 Laser Doppler 기록장치를 이용하여 측정하였다. 근육 내의 혈류는 광섬유를 근육 내에 삽입하여 측정하는 방식을 사용하였다. TENS의 전류세기 1.5의 강도로 유지 시킨 후, 두드리기(tapping) 방법을 이용하여 1.5, 3.0, 6.0, 10.0 Hz의 주파수로 각각 10분간 자극 시켰고, 이로 인한 변화를 각각 3분간씩 기록하였다. TENS를 가하기 전에 3분간 측정된 혈류는 대조군으로 사용하였다.

III. 실험성적

1.5, 3.0, 6.0, 10.0 Hz의 주파수를 이용한 TENS를 16명의 성인 남성에게 적용하였을 때, 교근부의 상피와 심부근육에서의 혈류, 이동혈류의 농도, 혈구 속도는 Table 1과 같이 변화되었다.

1. 1.5 Hz의 TENS를 적용한 실험에서,
 - 1) 혈류는 근육과 상피 모두에서 증가되었다.
 - 2) 이동혈류의 농도도 근육과 상피 모두에서 증가되었다.
 - 3) 혈구 속도는 근육에서는 증가되었으나 상피에서는 감소되었다.

2. 3.0 Hz의 TENS를 적용한 실험에서,
 - 1) 혈류는 근육에서는 증가되었으나 상피에서는 감소되었다.
 - 2) 이동혈류의 농도는 근육과 상피 모두에서 증가되었다.
 - 3) 혈구 속도는 근육과 상피 모두에서 감소되었다.
3. 6.0 Hz의 TENS를 적용한 실험에서,
 - 1) 혈류는 근육에서는 감소되었으나 상피에서는 증가되었다.
 - 2) 이동혈류의 농도도 근육과 상피 모두에서 증가되었다.
 - 3) 혈구 속도는 근육에서는 감소되었으나 상피에서는 증가되었다.
4. 10.0 Hz의 TENS를 적용한 실험에서,
 - 1) 혈류는 근육에서는 감소되었으나 상피에서는 증가되었다.
 - 2) 이동혈류의 농도는 근육에서는 감소되었으나 상피에서는 증가되었다.
 - 3) 혈구 속도는 근육과 상피 모두에서 감소되었다.

IV. 총괄 및 고안

구강안면통증은 두개내 및 두개의 구조물과 관련된 병소나 장애, 신경혈관성 장애, 신경병변성 장애 그리고 심인성 통증장애와 관련된 병소나 장애와 연관되어 나타나는 구강 및 안면 부위의 통증을 말한다. 이중 두개내 구조물에 의한 장애는 치의학의 영역이 아니고, 치아나 치주, 상악동, 타액선 등을 포함하는 두개안면부위의 구조물 장애와 관절성 장애, 두경부 근육성 장애, 신경병변성 장애, 신경혈관성 장애, 심인성 통증 장애 등의 다양한 원인에 의하여 유발되는 두개의 구조물에 의한 장애, 특히 측두하악장애, 비정형 안면통이나 비정형 치통, 구강 내 작열감증후군 등이 치과에서 주의 깊게 다루어지고 있다.¹⁾

근육장애환자의 주소는 대개 근육통 및 하악의 운동제한으로 갑작스럽게 발병하고 재발이 잘 될 뿐 아니라 정서변화나 외상과 같은 감각정보의 변화나 다양한 기왕력을 호소하는 것이 특징이다. 임상적으로 통증이 근육에서 발생하여 지속되면 중추신경을 흥분시켜 심부통증을 야기하고 근육통에 기인한 운동제한, 하악운동 시 과도한 관절낭 내 압력에 따른 근유발성 관절원판장애 및 급성 교합 무조화가 나타날

Table 1. Perfusion units, concentration of moving blood cells, velocity of blood flow in masseter muscle

	실험1	실험2	실험3	실험4	결과	상대평가
<i>1.5Hz</i>						
근육:상피 Pu	16.43 : -1.75	3.23 : 20.29	19.86 : 31.19	-24.60 : -6.52	근육증가(3) 상피증가(2)	상피증가(3)
근육:상피 CMBC	0.13 : -12.56	-57.26 : 25.93	38.83 : 52.44	-68.37 : -10.15	근육증가(2) 상피증가(2)	상피증가(3)
근육:상피 Vel.	17.08 : 13.18	146.00 : -0.20	-9.26 : -7.56	85.86 : 1.26	근육증가(3) 상피감소(2)	근육증가(3)
<i>3.0Hz</i>						
근육:상피 Pu	4.21 : -0.98	0.46 : 10.39	24.14 : 5.31	-26.51 : -41.66	근육증가(3) 상피감소(2)	상피증가(3)
근육:상피 CMBC	15.52 : 15.20	7.76 : -28.34	-0.23 : -6.13	19.32 : 4.67	근육증가(3) 상피증가(2)	근육증가(4)
근육:상피 Vel.	-9.66 : -14.19	-2.49 : - 6.07	16.03 : 12.54	-24.78 : -19.14	근육감소(3) 상피감소(3)	근육증가(3)
<i>6.0Hz</i>						
근육:상피 Pu	-18.73 : -3.09	-62.80 : -11.99	-23.49 : 19.90	-32.80 : 12.45	근육감소(4) 상피증가(2)	상피증가(4)
근육:상피 CMBC	-59.90 : -13.88	24.32 : 15.09	3.27 : 15.41	-25.52 : 5.86	근육증가(2) 상피증가(3)	상피증가(3)
근육:상피 Vel.	-25.78 : -2.34	-8.11 : 2.05	-27.93 : 5.51	-9.10 : 5.83	근육감소(4) 상피증가(3)	상피증가(4)
<i>10.0Hz</i>						
근육:상피 Pu	-14.83 : 59.09	-22.22 : 8.70	-35.52 : 1.48	1.23 : 6.83	근육감소(3) 상피증가(4)	상피증가(4)
근육:상피 CMBC	-33.24 : 30.15	-15.03 : -22.48	-0.75 : 4.49	1.15 : 2.61	근육감소(3) 상피증가(3)	상피증가(3)
근육:상피 Vel.	2.06 : -9.89	-2.89 : 40.65	-33.22 : -2.92	-15.51 : -3.83	근육감소(3) 상피감소(3)	상피증가(3)

Perfusion Units(PU, 혈류)

CMBC (concentration of moving blood cells, 이동 혈구의 농도)

Vel. (Velocity 속도)

혈류(Pu) = 이동 혈구의 농도(CMBC) × 세포의 평균속도(Vel.)

수 있다.²⁾

두경부의 통증을 유발시키는 근육장애로는 긴장성 두통을 유발시키는 근막통증과 보호성 근긴장, 근염, 근경련, 경축 및 섬유근통을 들 수 있는데, 이들은 모두 각각의 근육의 병리적 상황에 맞도록 적절한 약물

요법이나 물리요법, 운동요법 등으로 치료하여야 한다.³⁾

물리요법으로는 온열요법, 분사 신장법, 맛사지, 지압, 발통점 파괴법, 심부투과열치료, 초음파, 경피성 신경자극, 저주파 전기침자극 등이 있는데, 특히 근경

련이나 근막통증환자에게는 경피성 신경자극 치료 (TENS; Transcutaneous electrical nerve stimulation) 가 효과적인 것으로 알려져 있다.³⁾

TENS는 반복적이며 규칙적인 저전류성 전기자극을 경피 신경에 가함으로써 통증을 제거하거나 완화시키며, 혈류를 증가시켜 부종을 감소시킨다. 또한 해당신경의 지배를 받고 있는 근경련을 제거하거나 완화시키기도 한다. 이에 대해 Melzack과 Wall⁴⁾은 대경 말초신경섬유가 활성화되어 선택적으로 척수후각의 통증자극 전달을 억제함으로써 뇌로의 통증 유입을 저해한다고 하였고, 더욱이 후각의 국소억제회로가 부활되어 대경신경섬유를 자극하면, 뇌간의 특이한 통증 조절 센터도 부활되어 말초경로를 조절하며 보다 고위의 통증조절센터로의 통증 유입을 조절한다고 하였다. 또한 내인성 opioid가 통증억제에 의해 저해된다는 증거들도 얻었다고 하였다.

경피성 신경자극치료기는 "TENS unit"으로 보다 익숙하게 불리어진다. TENS는 Dr. Charles Burton⁵⁾에 의하여 처음으로 제작되었으며, 피부를 통하여 손상 없이 전기적 신호를 보내 신경을 자극하는 전자 장치인데, 이는 통증과 기능장애의 치료에 흔히 사용되며, 급, 만성 통증에 모두 효과적인 수단으로 인정받고 있어, 치과영역에서는 측두하악장애의 통증조절에 널리 이용되고 있다.

TENS는 통상적인 경피성 신경자극(conventional TENS), 침술유사양태의 경피성 신경자극(acupuncture-like TENS), Pulse train, 짧고 강한 자극, 낮은 속도의 경피성 신경자극으로 구분되며, 이들은 적절한 전극의 위치, 자극양태의 선택, 통증의 급, 만성 상태에 따라 성공여부가 결정되게 된다. 먼저 통상적인 경피성 신경자극을 사용해 보고 이 방법으로 통증을 경감시키지 못하면 강하고 낮은 속도의 침술 유사양태나 또는 pulse train 양태가 적용되어야 한다.³⁾

근육은 정적, 동적 수축에 의한 운동 후에 충혈이 된다는 것은 잘 알려진 현상이다. 운동충혈은 국소적 현상으로 근원성(myogenic), 대사성(metabolic), 혈관 내피세포의 중재성(endothelium-mediated) 요소에 의한 모든 통제를 받고 있는 것으로 알려져 있다.⁶⁾

혈역학적으로 TENS의 효과에 대해서는 다양한 연구가 있어 왔다. 1970년대부터 급, 만성 통증상태의 통증 억제를 위하여 사용된 TENS는 피부에 부착된 전극을 통하여 저전압의 조절된 전기적 진동을 이용하여 일차성 구심신경을 자극하는 것이다.⁷⁾ 많은 물

리학적 연구에서 TENS에 의한 구심성 활동이 전, 후 시냅스 억제기전을 통하여 척수에서의 위해성 자극 전달을 억제한다고 보고하였을 뿐만 아니라 TENS의 혈류에 대한 효과도 보고한 바 있다.⁷⁾ 혈류조절은 교감신경성에 의한 혈관 수축의 부분적인 억제와 감각 뉴런으로부터의 혈관 확장성 펩타이드의 분비, 수축근의 펌프작용 등에 의하여 이루어지는데 이들 모두가 TENS에 의하여 영향을 받게 된다.⁸⁾ 그러나 그 결과는 일관되지 못하다. 예를 들면 몇몇 연구에서는 혈류의 증가가 관찰되었으나 몇몇 연구에서는 아무런 효과로 발견되지 않았기 때문이다.⁹⁾

문헌에 의하면, 비정복성 관절원판전위 환자에 대한 6주간의 TENS 치료와 교합안정장치 치료의 효과를 비교한 연구에서 90 Hz의 TENS를 하루에 3회씩 30분간 적용한 경우에 교합안정장치를 적용한 집단에 비하여 치료효과가 뛰어나지 못하였다는 보고도 있으나,²⁾ 경피신경전기자극 치료는 진통효과가 우수하고 부작용이 거의 없어 통증 치료에 매우 효율적인 방법이다. 또한 이는 부수적으로 약간의 미열 및 마사지 효과가 나타나기도 하며, 급, 만성 통증, 심인성 통증 등을 동반하는 제반 질환에도 사용되기도 하는데,³⁾ 이는TENS가 교감신경의 활성을 방해하거나,¹⁰⁾ 4 Hz의 저주파 TENS가 국소적으로 피하의 혈류를 증가시킨다는 보고에 바탕을 두고 있다.¹¹⁾

또한 저주파와 고주파의 TENS에 의한 혈류의 변화에 관한 연구는 많은 학자들에 의하여 시행되어 왔다.^{11,12)}

Cosmo 등⁹⁾은 건강한 참가자들의 피부 혈류가 2 Hz의 저주파수 TENS에서는 증가하였으나 100 Hz의 고주파수의 TENS에서는 증가하지 않았다고 보고한 바 있어, 본 연구결과와 유사한 결과를 보고하였으며, 이내할 수 있는 가장 높은 강도인 2 Hz의 저주파 TENS가 만성 하지 궤양환자의 미세순환을 증가시켰으나 궤양 주변의 조직에서는 그리 증가되지 않은 편이었고, 피부 혈류의 증가를 보인 건강한 대상에서는 4 Hz의 저주파 TENS의 자극강도가 운동 역치수준 이상이었다고 보고한 바와 같이, 연구들의 서로 다른 결과는 자극 매개변수의 차이와 자극 기록 부위의 차이, 조직의 순환상태, 측정 방법의 차이를 반영한다고 볼 수 있을 것 같다.

TENS의 조건에 따른 혈류차이는 운동수준과 감각수준에서 관찰되었는데, 근수축을 발생시키는 운동수준의 2 Hz TENS에서 증가속도가 확연히 높게 나타났으며, 자극 도중과 자극을 중단하였을 때에도 자극

받은 부위의 피부에서 혈류가 크게 증가하였다는 보고가 있으며,¹³⁾ Cramp 등¹¹⁾은 15분 동안의 저주파 TENS(4 Hz)가, 강하지만 편안한 고주파 TENS(110 Hz) 또는 오직 정중신경을 통제하는 TENS 전극과 비교해 볼 때 자극 후에 피부혈류가 빠르고 유의할 정도로 증가하였으며, 자극 종료 후 급속하고 명백하게 감소하였다는 것을 발견하였다. 이 현상은 운동수준의 TENS 결과가 TENS에 의해 유도된 수축의 결과가 아니라 즉각적인 운동 후 충혈로서 나타났다는 견해도 있지만,¹³⁾ 이 반응은 자극의 중단 후에도 지속적인 증가 현상을 보인 본 연구와는 다소 상이한 결과를 보여, 근육내의 혈류의 증가가 단지 즉각적인 운동 후의 충혈로만 볼 수 없다고 생각되며, Sandberg 등¹⁴⁾이 보고한 바와 같이 운동수준인 2 Hz TENS에서 유도된 근육수축이 승모근에서 혈류를 증가시키는데 필수적으로 작용하였으나 고강도의 자극은 피개상피의 혈류증가를 방해할 수 있다고 한 것으로 보아 혈류의 변화는 가해지는 전지의 자극정도에 의해서도 크게 영향을 받을 수 있다고 생각되기 때문에 이에 대한 다각적인 원인 고찰이 추후에 더욱 요구될 것으로 생각된다.

그럼에도 불구하고, 운동역치 이하의 110 Hz 고주파와 4 Hz 저주파 TENS간에는 피하 혈류나 표피의 온도에 뚜렷한 차이를 관찰할 수 없었으며,¹²⁾ TENS의 피하혈류에 대한 영향은 근육 운동의 유도여부에 따라 다르게 나타나고 운동역치 이상의 저주파 TENS에서 국소적으로 피하혈류가 매우 증가되었으나 피부의 온도는 변화를 보이지 않았고,¹⁵⁾ TENS를 단발적으로 적용시켰을 때, 통증은 감소시킬 수 있었으나 근육의 활성화도에 미치는 영향은 일관되지 못하였다는 보고¹⁶⁾와 함께, carrageenan으로 유발시킨 염증으로 인한 과통증에 대하여 여러 가지 주파수와 적용시간에 따른 전기침 자극의 효과를 관찰한 실험에서, 3, 15, 100 Hz의 주파수 중 3 Hz를 60분간 가한 실험군에서 가장 효과적이었다고 보고하였으며, 전기침은 자극의 매개변수에 따라 서로 다른 무통 효과와 기전을 가지고 있다는 보고¹⁷⁾나 TENS에 의한 피하혈류의 변화는 전극의 위치에 의하여 영향을 받는다는 보고¹⁸⁾가 있어, 임상적으로 효과적인 주파수와 적용시간, 전극의 위치를 선택하는 것이 매우 중요하다고 생각한다.

이와 같이 TENS는 파장의 종류와 자극강도, 적용시간의 차이에 따라 몇 가지의 종류로 구분되고 있으며, 이는 증상에 따라 적절히 조절하여 사용함으로써

효과적인 결과를 기대할 수 있게 된다. 이에 저자는 근육장애를 치료목적으로 TENS를 사용할 경우, TENS 주파수의 고저에 따라 근육에 미치는 영향을 관찰하고자 TENS 사용 후의 혈류와 이동혈류의 농도, 혈류 속도 등의 변화를 상피와 근육 내에서 비교하여 관찰함으로써 유의성 있는 결과를 얻고자 하였고, 이를 임상에 적용시킴으로써 효율적인 치료효과를 기대하고자 하였다.

Laser Doppler는 건강한 조직이나 질병이 있는 조직에서, 또는 어떠한 자극을 받은 조직에서 미세 혈류의 순환을 모니터할 수 있도록 고안된 것이다. 이때 사용되는 저 전력의 레이저광은 광섬유 probe를 통하여 조직에 발산되며, 이때 레이저가 순환 혈액에 조사되면 빛은 파장이 변하게 된다. 이를 Doppler shift라고 하는데, 이로 인하여 발생하는 파장의 크기나 진동수의 변화는 혈관 속을 흐르는 혈구의 수나 속도에 의하여 영향을 받게 된다. 이에 대한 측정치는 임의의 Perfusion Units (PU)로 표현되며, 최근 측정치 간의 상관관계를 정확하게 분석할 수 있는 많은 방법이 개발되어 있다.¹⁹⁾

Laser Doppler는 당뇨병성 미세동맥질환 시의 혈관손상과 약물치료의 효과, 약물의 필요량 측정하거나 알레르기에 대한 Patch test에서 피부반응 또는 발적 병소의 정도와 진행 등을 측정하고, 조직이식 시 수술결과를 측정하며, 흡연 시 조직의 변화, 약물투여 후의 반응, 교감신경 반응 등을 관찰하는데 사용되기도 하나,¹⁹⁾ 본 연구의 목적은 LDF(Laser Doppler blood fluxes)를 이용하여 상부피부와 교근에서의 혈류에 대한 주파수의 변화에 따른 TENS의 효과에 대하여 조사하는 데 있다.

근육의 혈류변화를 관찰하기 위하여 laser-Doppler flowmetry가 사용된 것은 많은 연구보고서를 통하여 알 수 있는데, Røe 등²⁰⁾은 근육수축 시 승모근 상판에서의 혈류 측정에 대한 신뢰도 검사를 위하여 LDF를 사용하였으며, 이 실험을 통하여 Laser Doppler가 미세혈류를 측정하는데 매우 유망한 방법이었다고 하였고, 근 수축과 근 피곤으로 진단된 하지 근육의 혈류의 차이를 laser-Doppler flowmetry로 유용하게 측정할 수 있었으며,²¹⁾ 상극근이 등장성 수축을 할 때 근육내의 혈류도 측정하였고,²²⁾ 다양한 정도의 힘을 골격근에 가하였을 때 근육 내의 미세혈류변화를 지속적으로 측정하기도 하였다.²³⁾

TENS에 의한 혈류변화의 연구는 대부분 LDF에 의한 피부혈류 측정만이 다루어져왔다. 그러나 자극

의 강도, 빈도, 부위, 기간 등의 서로 다른 파라미터를 적용하였고, 기록부위와 기록방법에 의한 차이도 많을 뿐만 아니라 vascular beds의 측정 방법의 깊이가 다르기 때문에 그 결과가 일치하지 않게 보고 되어 왔다.(LDF; 1/2~1mm) 또한 TENS 연구를 위하여 피부의 혈류변화와 사지 각각의 피부변화가 측정되었는데, 이때에도 종종 LDF와 정맥 폐쇄 혈류측정기 등이 사용되었다.²⁴⁾

국소부위의 근육혈류에 대한 TENS 효과는 예전에는 적절한 측정방법이 없었기 때문에 관찰된 바 없었으나, LDF로 국소부위의 근육에 침습적으로 혈액 관류를 측정할 수 있는 방법이 개발되었다. 그러나 이 방법이 가지고 있는 문제점이 혈류에 영향을 미칠 수 있는 광섬유의 삽입에 의한 외상이기 때문에 침습적인 LDF 기술은 TENS에 의한 근육 혈류의 국소적인 효과를 연구할 때에 적합한 기술이라고 할 수 없고, 근육 혈류의 변화는 정맥 폐쇄 혈류측정과 같은 기술을 이용하여 사지의 총 혈류 측정에 의한 간접적인 방법으로 계산되어질 수 있다고 하였다.²⁴⁾

그러나 본 연구에서는 침습적인 방법이 외상을 주어 염증을 유발함으로써 정상적인 혈류의 절대적인 수치를 얻어내기는 어려울 것으로 생각되나 TENS 자극의 전후에 변화된 수치를 상대적으로 비교하는데에는 문제가 없을 것으로 생각되어 광섬유 삽입을 이용한 근육내의 혈류 측정법을 사용하였다.

이상의 연구결과를 토대로 볼 때, 각각의 결과들은 자극의 강도, 부위에서의 차이 등과 같은 다양한 의미를 갖는다.

따라서 구강안면통증의 대부분을 차지하고 있는 안면근, 저작근의 장애를 치료하기 위하여 사용되는 물리치료 중 간편하게 통증을 줄이고 통증부에 혈류를 원활하게 해 줄 수 있는 TENS를 보다 효율적으로 사용하기 위하여서는 전류강도에 따른 근육과 상피의 혈류변화를 관찰한 후에 가장 효율적인 전류강도를 구하고 고정된 전류강도에서의 다양한 주파수에 따른 혈류변화를 관찰하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

경희대학교 치의학전문대학원 학생 16명을 대상으로 경피신경자극치료기(TENS)의 기능별 주파수에 따른 교근과 피개상피의 혈류변화에 관하여 관찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. TENS를 적용한 실험에서 근육에서의 혈류가 증가된 것은 1.5, 3.0 Hz에서 관찰되었다.
2. TENS를 적용한 실험에서 근육에서의 이동혈류의 농도가 증가된 것은 1.5, 3.0, 6.0 Hz에서 관찰되었다.
3. TENS를 적용한 실험에서 근육에서의 혈류 속도가 증가된 것은 1.5 Hz에서만 관찰되었다.
4. 6.0 Hz와 10.0 Hz의 TENS를 적용한 실험에서 혈류, 이동혈류의 농도, 혈구 속도의 증가율이 모두 상피에 비하여 근육에서 낮게 나타났으며, 특히 6.0 Hz의 혈류와 혈구 속도, 10.0 Hz의 혈류에서 가장 빈번하였다.

이상의 실험결과로 TENS를 적용한 물리치료를 시행할 경우에는 1.5, 3.0 Hz의 주파수가 효율적이며, 주파수의 강도가 높아질수록 근육에 미치는 영향은 바람직하지 않을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 정성창, 김영구, 고명연 등. 구강안면동통과 측두하악장애. 개정판, 2006, 서울, 신홍인터내셔널, pp. 12-22.
2. Linde C, Isacsson G, Jonsson BG. Outcome of 6-week treatment with transcutaneous electric nerve stimulation compared with splint on symptomatic temporomandibular joint disk displacement without reduction. *Acta Odontol Scand* 1995;53(2):92-8.
3. 정성창, 김영구, 고명연 등. 구강안면동통과 측두하악장애. 개정판, 2006, 서울, 신홍인터내셔널, pp. 244-259.
4. Melzack R, Wall PD. Acupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation. *Postgrad Med J* 1984;60(710):893-6.
5. Burton C. Transcutaneous electrical nerve stimulation to relieve pain. *Postgrad Med* 1976;59(6):105-8.
6. Sherry E, Kitchener P, Smart R. A prospective randomized controlled study of VAX-D and TENS for the treatment of chronic low back pain. *Neurol Res* 2001;23(7):780-4.
7. Minassian K, Persy I, Rattay F, Dimitrijevic MR, Hofer C, Kern H. Posterior root-muscle reflexes elicited by transcutaneous stimulation of the human lumbosacral cord. *Muscle Nerve* 2007;35(3):327-36.
8. Sherry JE, Oehrlein KM, Hegge KS, Morgan BJ. Effect of burst-mode transcutaneous electrical nerve stimulation on peripheral vascular resistance. *Phys Ther* 2001;81(6):1183-91.
9. Cosmo P, Svensson H, Bornmyr S, Wikström SO.

- Effects of transcutaneous nerve stimulation on the microcirculation in chronic leg ulcers. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2000;34(1):61-4.
10. Olyaei GR, Talebian S, Hadian MR, Bagheri H, Momadjed F. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on sympathetic skin response. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2004;44(1):23-8.
 11. Cramp AF, 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 healthy subjects. *Clin Physiol* 2000;20(2):150-7.
 12. Chen CC, Johnson MI, McDonough S, Cramp F. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on local and distal cutaneous blood flow following a prolonged heat stimulus in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging* 2007 ;27(3):154-61.
 13. Dickstein R, Kafri M. Effects of antecedent TENS on EMG activity of the finger flexor muscles and on grip force. *Somatosens Mot Res* 2008;25(2):139-46.
 14. Sandberg ML, Sandberg MK, Dahl J. Blood flow changes in the trapezius muscle and overlying skin following transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther* 2007;87(8):1047-55.
 15. Cramp FL, McCullough GR, Lowe AS, Walsh DM. Transcutaneous electric nerve stimulation: the effect of intensity on local and distal cutaneous blood flow and skin temperature in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(1):5-9.
 16. Rodrigues D, Siriani AO, Bérzin F. Effect of conventional TENS on pain and electromyographic activity of masticatory muscles in TMD patients. *Braz Oral Res* 2004;18(4):290-5.
 17. Taguchi T, Taguchi R. Effect of varying frequency and duration of electroacupuncture stimulation on carrageenan-induced hyperalgesia. *Acupunct Med* 2007;25(3):80-6.
 18. Cramp AF, Noble JG, Lowe AS, Walsh DM. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): the effect of electrode placement upon cutaneous blood flow and skin temperature. *Acupunct Electrother Res* 2001;26(1-2):25-37.
 19. 대한레이저학회. 최신레이저치의학. 2008, 지성출판사, pp. 276-283.
 20. Røe C, Damsgård E, Knardahl S. Reliability of bloodflux measurements from the upper trapezius muscle during muscle contractions. *Eur J Appl Physiol* 2008;102(5):497-503.
 21. Larsson SE, Cai H, Zhang Q, Larsson R, Oberg PA. Measurement by laser-Doppler flowmetry of microcirculation in lower leg muscle at different blood fluxes in relation to electromyographically determined contraction and accumulated fatigue. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;70(4):288-93.
 22. Jensen BR, Sjøgaard G, Bornmyr S, Arborelius M, Jørgensen K. Intramuscular laser-Doppler flowmetry in the supraspinatus muscle during isometric contractions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;71(4):373-8.
 23. Larsson SE, Cai H, Oberg PA. Continuous percutaneous measurement by laser-Doppler flowmetry of skeletal muscle microcirculation at varying levels of contraction force determined electromyographically. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;66(6):477-82.
 24. Maltz JS, Budinger T. Method for the measurement of the sensitivity of vascular beds to ischemia. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2004;5:3723-6.

- ABSTRACT -

Blood Flow Changes in the Masseter Muscle and Overlying Skin Following Various Functional Waves of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

Sung-Guk Cho, D.M.D.¹, Q-Schick Auh, D.M.D.,M.S.D.,Ph.D.¹,
Yang-Hyun Chun, D.M.D.,M.S.D.,Ph.D.¹, Jung-Pyo Hong, D.M.D.,M.S.D.,Ph.D.^{1,2}

Department of Oral Medicine, School of Dentistry, Kyung Hee University¹
Institute of Oral biology, School of Dentistry, Kyung Hee University²

The following results were obtained, after experimenting on change of masseter muscle and bloodstream epithelium with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulator(TENS), among 16 male adults.

1. According to applying TENS, it was observed that bloodstream in muscle increases at 1.5, 3.0 Hz.
2. According to applying TENS, it was observed that concentration of moving blood cells in muscle increase at 1.5, 3.0, 6.0 Hz.
3. According to applying TENS, it was observed that velocity of bloodstream in muscle increases only at 1.5 Hz
4. Through experiment, applying TENS at level of 6.0 and 10.0 Hz, all bloodstream, concentration of moving blood cells, and velocity of bloodstream increasing rates were lower in muscle compared to of them in overlying epithelium; and especially increasing bloodstream and its velocity were most frequent at 6.0 Hz, and bloodstream of 10.0 Hz.

From the results above when a physical therapy of TENS is carried out the frequency of 1.5, 3.0 H is effective, and as the frequency increases it is disadvantageous to the muscle.

Key words: TENS, Blood flow, Masseter muscle, Laser doppler
