

경피신경전기자극이 근피로에 미치는 영향

대구대학교 물리치료학과
박래준

The Effects of Muscle Fatigue by Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

Park, Rae-Joon Ph.D., P.T.
Department of Physical Therapy, Taegu University

<Abstracts>

The purpose of this study was to investigate the change of muscle power by transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS), low frequency-low intensity(20pps, invisible muscle contraction intensity), low frequency-high intensity(20pps, visible muscle contraction), high frequency-low intensity(100pps, invisible muscle contraction intensity) and high frequency-high intensity(100pps, visible muscle contraction).

The results were as follows.

1. Increased muscle power after 30 minutes of treatment by low frequency-low intensity TENS, and post-treatment 30 minutes muscle power were increased more than pre-treatment power($p<0.05$).
2. Decreased muscle power after a 30 minute treatment by low frequency-high intensity TENS, and after the 30 minute treatment was terminated muscle power didn't recover to pre-treatment levels.
3. Decreased muscle power after 30 minute treatment by high frequency-low intensity TENS, but post-treatment 30 minute, muscle power didn't recover to pre-treatment levels.
4. The muscle power was remarkably decreased by high frequency-high intensity TENS after 30 minute treatment, in addition treatment terminated after 30 minutes didn't recover to pre-treatment power($p<0.05$).
5. Lower frequency-low intensity TENS are good methods for preventing muscle fatigue, but high intensity (TENS) are increased muscle fatigue.
6. Traditional TENS by high frequency-low-intensity is a good method for preventing muscle fatigue.

I. 서 론

피로는 정신적 피로와 육체적 피로로 나뉘고 일상적으로 정상인이 경험하는 현상이다. 高橋(1996)는 보통 피로하다고 하는 경우는 영양, 휴식, 수면 등으로 회복이 되나 매일 발생하는 피로가 회복되지 않으면 만성피로가 되고 이어서 과로의 상태가 되고 더 나아가 병적인 상태가 된다고 하였고, 박상욱 등(1993)은 피로란 연속되고 반복되는 정신적 육체적 작업에 수반하여 발생하는 심신기능의 저하상태로 학문적으로 정의하기가 어려운 추상적인 개념이라고 하였다. Simonson과 Weiser(1979)는 피로는 현재 운동수행 능력의 손상유무에 상관없이 운동 수행 중에 일어나는 수행력의 일시적 상실로 정의하였다.

피로는 그 회복과 더불어 고찰할 때 문제가 되는 모든 사항이 포함되며, 그 생리적 본태도 아직 분명하지 않다. 일반적으로 작업능력의 저하, 자각적 타각적인 피로징후 또는 생화학적 변화 등을 볼 수 있으며, 피로가 나타나는 방식으로부터 정신피로와 육체피로, 중추피로와 말초피로, 급성피로와 만성피로 등으로 나누는 경우도 있다. 또 급성피로의 축적에 의한 과로는 휴양으로 회복되는 가역적 범위를 가르키며, 비가역적인 병과 구별된다.

신체적 피로 중에서 근 피로는 같은 근육을 오랫동안 사용하면 근 출력이 감소하고, 작업효율도 감소한다. 결국 근력발생능력의 감소 아니면 일정한 근력을 유지할 수 없는 상태로 정의할 수 있다. 그외에다 근 피로는 근력저하가 더해지고 근 이완의 연장, 신장성의 감소, 근수축 속도의 감소가 더해지고 말초성의 피로와 중추성의 피로로 나누게 된다(高橋, 1996).

말초성 피로는 신경 연결부와 근 세포막에서의 흥분과정, 칼슘이 방출되는 활성과정, 필라멘트가 활주하는 수축과정 등 세 가지 과정에서 발생된다(Edwards, 1983). Aemussen(1979)은 운동신경에 간접적으로 계속적인 자극을 주었을 때 발현되는 힘이 감소하는 것은 자극의 전달기전, 특히 활성과정에서 보다는 흥분과정에서 신경기능의 부전이 발생되기 때문이며, 운동신경에 직접적으로 자극을 주게되면 다시 힘이 증가되어 발현되다가 두 번째로 힘의 감소현상이 나타나는데, 이것은 수축과정에서의 기능부전, 즉 신경요인 보다는 대사요인에 의한 것이라 하였다.

Merton(1954)은 흥분기전과 활성기전의 차이점을 규명하였는데 모지내전근에 간접적인 자극을 주었을 때 흥

분기전과 활성기전의 차이점을 규명하였고 모지내전근에 간접적인 자극을 주었을 때 흥분성이 감소하지 않아도 근 수축력이 저하된다는 점을 밝혀 말초피로에 대사적 요인이 작용한다는 사실을 시사하였다. 따라서 말초피로는 주로 대사적 요인에 의한 것임을 알 수 있다. 이후 Simonson(1971)은 근 피로의 원인을 축적론(accumulation hypothesis)과 소모론(exhaustion hypothesis)을 제안하였다.

Moss(1959)는 피로가 신경작용의 기능 부전에 의해 중추로부터 발생하는 것이라고 하였다. 수의적 근 수축 활동을 일으키는 명령체계는 뇌로부터 근육 내에서 액틴-마이오신 십자형교가 형성되기에 이르기까지 여러 과정으로 구성되어 있다. 피로는 이러한 명령체계 중 어느 한 과정에서라도 정상 상태를 유지하지 못할 때 발생된다(Edwards, 1981). 그러나 이러한 피로현상이 중추와 말초의 구조적 결함 및 기능부전에 의해 야기되는 것인지, 또는 신경작용(neural drive)의 기능부전에 의해 중추피로가 생기기 때문인지, 아니면 근육의 힘 발현기능의 부전에 의해 말초피로가 생기기 때문인지에 대한 문제는 아직 중요한 논쟁거리로 남아있다.

생체에 전기자극을 하면 생리학적, 병리학적으로 변화를 초래한다는 것은 이미 오래 전부터 알려져 왔다. 전기자극은 저주파전류를 이용하여 많은 학자들에 의해 현재까지 사람과 동물을 대상으로 적용되어 왔다. 초기에는 감용전류(faradic current)나 정현파전류(sinusoidal current)가 사용되어 왔으나 최근에는 생체에 흐르는 전류를 줄이는 방법으로 고압직류전류를 이용한 맥동전류(pulsatile current)를 사용하고 있다(박래준, 1983).

한편 경피신경전기자극치료(Transcutaneous electrical nerve stimulation)는 통증질환에 다양하게 사용되어 왔는데 그 효과는 치료군과 대조군과 비교를 할 때 차이가 있다고 하였다(Thorsteinsson, 1983 ; Melzack 등, 1983). 이것은 경피신경 전기자극법과 전기자극(Electrical nerve stimulation)과는 엄격히 구별하기가 어렵다(민경옥, 1993). 왜냐하면 경피신경자극법 역시 넓게 보면 전기자극치료법의 일종이기 때문이다. 그러나 현재 우리가 사용하고 있는 일반적인 개념으로의 전기자극치료법과 경피신경자극법은 구별이 가능하다.

양자간에는 몇 가지 중요한 차이가 있는데 우선 자극 대상이 서로 다르다. 즉 전기자극치료법에서는 운동신경을 자극 대상으로 하지만 경피신경 자극법에서는 감각신경을 조절대상으로 한다. 이것은 임상적 치료 시 대단히

중요한 사실로써 전류의 선택이나 전류강도 결정에 중요한 변수가 된다. 왜냐하면 전기자극치료법에는 운동신경을, 그리고 경피신경 자극치료법에는 감각신경만을 효율적으로 자극할 수 있는 전류를 선택해야 하기 때문이다. 사용전류의 차이는 효과의 차이로 나타나는데 전기자극 치료법에는 주로 마비 혹은 약화된 근육의 운동이나 운동감각유지 효과가 있는데 반해 경피신경 자극치료법에서는 급만성 통증의 감소효과가 있다고 한다(Gersh 등, 1980).

최근에는 통증 치료를 목적으로 경피신경자극 치료와 조직의 저항을 최대한 억제한 간섭전류(*intraferential current*)가 많이 사용되는데, 경피신경 자극치료의 경우 고빈도-저강도 치료법은 전통적으로 사용해 오던 방법인데 75-125pps 또는 80-120pps의 높은 맥동빈도를 사용하고 맥동기간은 100 μ s 이하로 짧게 하며 최소 가시수축이 유발되지 않는 범위에서 편안함을 느끼는 낮은 강도로 자극해 왔고 급성통증에 많이 사용되어 왔다. 저빈도-고강도 경피신경치료법은 10-20pps 이하로 주로 심부통증 치료와 만성통증을 치료하는데 사용되었고, 고빈도-고강도 경피신경자극법은 150pps 이상의 맥동빈도로 하며 빠른 진痛的 목적으로 사용되고 있다(이재형, 1995). 이와 같이 임상에서는 치료의 효과를 위해 빈도(*frequency*)와 전류강도(*intensity*)를 조절해 사용하고 있으나 근 피로는 염두에 두지 않고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 전기자극 치료 시 가장 많이 사용하는 경피신경전기자극치료(TENS)를 다양한 빈도와 강도로 변환시켜 자극된 근육의 피로를 측정하여 향후 전기자극 치료시 근피로를 최소화하고 효과를 극대화하기 위하여 실시하고 자한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

실험에 영향을 줄 수 있는 피부감각 이상이나 약물 복용자를 제외한 건강한 20대 20명(남자 16명, 여자 4명)을 대상으로 하였고, 나이는 20 ± 2.8 세이며, 신장은 170.75 ± 6.18 cm, 체중은 65.5 ± 11.98 kg이었다.

경피신경전기자극치료기는 PHYSIOTENS(Germany, Model PT-8004106)를 사용하여 30분간 다음과 같이 4개 그룹으로 나누어 실험하였다.

1. 저빈도-저강도(20pps, 비가시수축 범위) 5명.
2. 저빈도-고강도(20pps, 가시수축 범위) 5명
3. 고빈도-저강도(맥동빈도 100pps, 비가시수축 범위) 5명
4. 고빈도-고강도(100pps, 가시수축 유발강도) 5명

2. 실험 방법

1) 전기자극

전기자극 방법은 양극을 모지대립근과 굴근이 있는 부위에 부착하고 음극은 시지의 천지굴근과 심지굴근이 지나가는 근위지절골 부위에 부착하였다. 전류의 전도성을 높이기 위하여 치료전에 3회의 근력측정을 하고 원적외선을 치료부위에 10분간 조사한 후 경피신경자극 치료를 하였으며, 30분간 치료 후 3회의 근력측정과 치료 후 30분에 3회를 측정하여 각각 평균을 내어 근력 측정치로 하였다.

2) 근력 측정 및 자료 분석

근 피로의 검사방법은 유산측정, 핵자기공명(NMR)을 이용한 인산측정, 세포내의 이온측정, 세포내의 이온농도 측정, 체성감각 유발전위, 근력측정, 근 전파형의 해석, 근 수축시의 진동해석 등(高橋, 1996)이 있으나 본 연구에는 근 피로를 측정하기 위하여 수지근력 측정계(PHYTECK, Model FE-20, USA)를 사용하여 치료 직전, 치료 후, 그리고 치료 후 30분에 각각 3회 근력을 측정하여 평균값을 측정치로 하였으며 각각의 치료방법간의 효과를 알아보기 위하여 SPSS+을 사용하여 이원배치분산분석(two-way ANOVA)과 paired t-test로 유의성을 검증한다.

III. 결 과

1. 전기자극 후 근력의 변화

저빈도-저강도 경피신경 전기자극치료 그룹은 30분 치료 후 근력이 증가하였으며 치료 종결 30분 후에도 근력이 치료전보다 증가 현상을 보였고($P < 0.05$), 저빈도-고강도 경피신경전기자극치료 그룹은 30분 치료 후 근력이 감소하였고 치료종결 30분 후에도 치료 전 근력을 회복하지 못하였다.

고빈도-저강도 경피신경 전기자극치료 그룹은 치료 후 30분에는 근력이 감소하였으나 치료 종결 후 30분에는

Table 1. Distribution of muscle strength by individual treatment group.

treatment group	pre-treatment	post-treatment	post-treatment 30 min
L-F&L-I	13.84±1.93	15.12±2.12	15.48±2.14
L-F&H-I	16.05±1.97	14.92±2.33	15.91±2.26
H-F&L-I	17.39±1.56	16.86±1.05	17.87±1.70
H-F&H-I	16.26±1.52	14.38±2.32	15.60±1.67

Table 2. Difference of significance due to times

treatment group	befor/after	befor/after 30min	after/after 30min	t-value(p)
L-F&L-I	-3.392(0.027)*	-3.755(0.025)*	-2.129(0.100)	
L-F&H-I	4.928(0.008)*	0.578(0.594)	-6.996(0.002)*	
H-F&L-I	1.645(0.175)	-0.968(0.388)	-1.746(0.156)	
H-F&H-I	4.176(0.014)*	4.526(0.011)*	-3.037(0.039)*	

L-F : High Frequency p<0.05
 H-F : High Frequency
 L-I : Low Intensity
 H-I : High Intensity

p<0.05

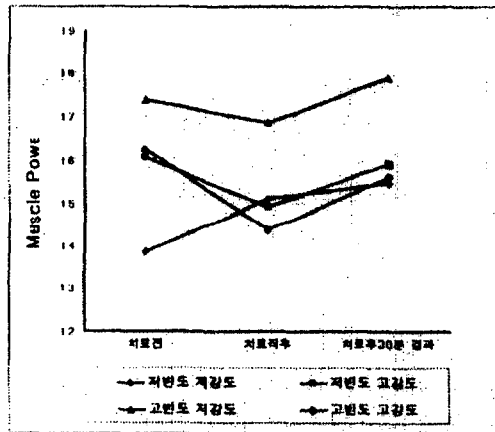


Figure 1. Changes of muscle strength by individual treatment group.

치료 전 근력으로 회복하였으나, 고빈도-고강도 경피신경전기자극치료 그룹은 치료 30분 후 에는 근력이 현저히 감소하였고 치료 종결 후 30분에도 치료 전 근력으로 회복하지 못하였다(Table 1, Figure 1).

2. 전기자극 그룹간의 비교

전기자극 그룹과 시간경과에 따른 영향을 이원 분산분석한 결과 그룹간에는 유의성이 검정되었으며(p<0.01), 시간경과에 따른 변화에는 유의성이 나타나지 않았으나 치료전과 치료 직후, 그리고 치료 후 30분 경과후의 비교 검정 결과 경피신경전기자극치료는 저빈도-저강도로 치

료 할 때 근피로 없이 가장 효과적으로 할 수 있고, 저빈도나 고빈도 모두 강한 근 수축이 유발되는 고강도 치료법은 근피로를 유발하였다(Table 2, Table 3).

전통적으로 치료해 오던 고빈도-저강도 치료법도 근피로 없이 치료할 수 있는 방법으로 확인되었다.

Table 3. Compared of time and group

	df	SS	MS	F	P
Group	3	54.306	18.102	4.919	0.005
Time of measurement	2	8.160	4.080	1.190	0.338
Group X Time	6	14.694	2.449	0.666	0.678

IV. 고 찰

피로는 대사작용에 의해 당질을 비롯한 에너지공급물질들이 고갈됨으로써 피로가 발생된다는 고갈론(exhaustion hypothesis)이 Simonson(1971)을 비롯한 많은 학자들에 의하여 제기되었으며, 젖산 등과 같은 대사성 부산물의 농도가 증가함으로써 피로가 발생된다는 Weichardt(1940)의 축적론(accumulation hypothesis)으로 피로의 유발 현상이 설명되기도 한다. 축적론은 많은 대사산물, 즉 H⁺, NH₃, Pi 등의 축적에 의해 근수축력이 저하된다는 가설이다. 어떤 특정한 물질이 지나치게 축적되면 퍼포먼스가 제한된다는 최초의 연구는 Weichardt(1940)에 의해 이루어졌는데, 그는 퍼포먼스를 제한하는 물질을 피로독소(Kenotoxin)라고 명명하였다. 사지에서 피로를 유발하는 물질이 대사산물들이라는 것은

Muller(1935)에 의해, 그리고 젓산이 피로물질이라는 : 은 Hill(1925)에 의해 밝혀졌다.

del Castillo와 Katz(1984), 그리고 Merton(1954)은 정상상태에서는 운동신경의 전달과정이나 신경근 연결부에서 거의 피로현상이 나타나지 않으나 운동신경을 잦은 빈도로 자극하거나 심한 근 수축 운동을 지속하게 되면 근력의 감소 등 피로 현상이 발생한다는 신경조절기능 저하론이 제시되기도 하였다. 그리고 격심한 운동에 의한 전해질의 손실, 대사산물의 축적, 신경전달물질의 감소 등에 의해 생리적 항상성이 무너지기 때문에 피로가 발생한다는 주장도 제기되어 왔다. 그러나 피로현상은 생리적인 요인들뿐만 아니라 동기의 상실, 흥미의 저하, 여유감의 감소 등과 같은 심리적인 요인들이 복합되어서 나타나는 것이며, 피로의 발생도 전신적으로 또는 국소적 부위에만 나타나기도 한다. 또한 피로현상이 중추로부터 시작되는 것인지, 아니면 말초로부터 시작되는 것인지에 대한 의문도 아직 논쟁의 대상일 뿐이다 (Kukulka, 1992).

반복적인 전기자극은 말초신경의 전도속도가 감소하고 자극 역치가 증가하며 A δ 및 C섬유의 구심성 전도를 일시적으로 차단시켜 진통작용을 일으킨다. 신경의 전도 차단은 맥동 빈도와 관계가 있다. 0.5pps, 10pps의 자극으로도 신경의 전도속도가 감소하지만 말초신경에 전극을 매입하고 200pps의 높은 빈도로 요골신경을 자극한 결과 A δ 및 C섬유의 전도속도가 일시적으로 감소되고 전기자극 역치가 상승하였음을 보고하는 등 자극이 전도 속도를 감소시키고 역치를 상승시킨다(Ignelzi RH, Nyquist JK, 1979).

Pertovaara(1982) 등은 팔굽관절 위와 아래, 손목 새끼 손가락에 전극을 대고 고빈도-고강도 전기자극한 결과 1-5분 후에 진통작용이 일어났으며 이는 전류의 양극효과에 의해 신경흥분성이 감소되기 때문이라고 하였다. 또한 고빈도-고강도 경피신경자극에 의한 신경전도 속도 감소는 고빈도-고강도 전기자극으로 근육의 경축이 일어나고 이에 따라 혈관이 막혀 신경의 일시적인 허혈현상으로 영양결핍이 일어나기 때문이라고 본다.

본 연구에서도 고빈도-고강도 전기자극군에서 치료 30분 후에는 근력이 현저히 감소하였고 치료 종결 후 30분에도 원래의 근력을 회복하지 못하였는데 고빈도 또는 고강도 전류가 근경축을 일으켜 일시적인 허혈 현상이라는 Pertovaara(1982)의 연구와 일치하였고 지속적인 고빈도-고강도 전기자극은 결국 근 피로로 연결되게 된다.

Moss(1959), Waller(1859)등은 피로가 신경작용의 기능부전에 의해 중추로부터 발생하는 것이라고 하였다. Moss는 신경각성(nervous arousal)에 의해 보다 많은 일을 할 수 있으며 피로에 의해 장애를 받지 않을 수 있다고 하였다. 그 후 Merton(1954)은 운동신경 또는 Motor end points에 인위적으로 강한 자극을 주었을 때 모지내 전근에서 발현되는 힘과 수의적 최대수축력(MVC: Maximum Voluntary Con-traction)이 차이가 거의 없는 것으로 보아 피로는 말초로부터 비롯되는 것이라고 이전의 연구와는 반대 주장을 피력하였다. 그러나 Ikai등(1967)은 모지내전근에 인위적인 강한 자극을 주었을 때 수의적 최대수축력보다 강한 힘이 발현되므로 피로는 중추에서 비롯된다고 하였다. 한편 Bigland-Ritchie(1978) 등은 대퇴사두근에 인위적 자극을 주는 실험을 통하여 9명의 피험자 중 5명은 중추피로를 나타냈으나 4명은 전혀 피로를 보이지 않으므로 개인차가 있음을 시사하였다. Schwab(1978)는 보상이 약속된 피험자는 운동시간이 보다 길며, 특정한 의지적 목적을 가졌을 경우에도 피로의 출현이 지연된다고 하여 동기부여(Motivation)의 정도가 피로에 영향을 주므로 피로의 유발 원인 중에는 중추적 요인이 있음을 보고하였다. 이와 같이 피로를 유발시키는 원인제공처에 대한 논란은 계속되고 있지만 피로의 원인 중에는 중추적인 요인들이 있다는 점을 부인할 수는 없다. 중추피로는 중추신경계의 기능 부전 또는 의지의 저하(수의적 노력의 억제)에 의해 발생된다. 이것은 망상체(수의적 노력의 억제)에 대한 감각경로(Sensory pathways)의 작용이 대단히 중요하다는 것을 의미한다(Asmussen, 1984).

중추피로의 현상에 대한 보다 명확한 논증이 Rojtbak과 Debabrishvili(1959)의 EEG 측정을 통해 이루어졌다. EEG의 α 리듬은 각성수준이 낮거나 피로한 상태에서 나타나고 기분전환 활동 기간에는 거의 사라진다. 또한 α 리듬은 눈을 감고 있으면 명백히 나타나고 눈을 뜨면 사라지게 된다.

말초피로는 신경 연결부와 근세포막에서의 흥분과정, 칼슘이 방출되는 활성과정, 필라멘트가 활주하는 수축과정 등 세 가지 과정에서 발생된다(Edwards: 1983). 이러한 세 가지 피로발생 부위가 알려진 것은 Asmussen(1984)의 연구에 의한 것이다. Asmussen은 운동신경에 간접적으로 자극을 계속 주었을 때 발현되는 힘이 감소되는 것은 자극의 전달기전, 특히 활성과정에서 보다는 흥분과정에서 신경기능의 부전이 발생되기 때문이며, 운

동신경에 직접적으로 자극을 주게 되면 다시 힘이 증가되어 발견되다가 두번째로 힘의 감소현상이 나타나는데, 이것은 수축과정에서의 기능부전, 즉 신경요인보다는 대사요인에 의한 것이라고 하였다. 이러한 발견은 Brown과 Burn(1949)가 고양이와 경골근에 대한 실험결과에 의하여 재 확인 되었으며, 특히 Merton(1954)은 흥분기전과 활성기전의 차이점을 규명하였고 모지내전근에 간접적인 자극을 주었을 때 흥분성이 감소되지 않아도 근수축력이 저하된다는 점을 밝혀 말초피로에 대사적 요인이 관여한다는 사실을 시사하였다. 따라서 말초피로는 주로 대사적 요인들에 의한 것임을 알 수 있다.

본 연구에서는 저빈도-저강도, 저빈도-고강도, 고빈도-저강도 그리고 고빈도-고강도로 전기자극을 하였는데 전류강도와 자극빈도는 근피로에 영향을 미치는 것으로 나타나서 실제적인 수치부 전기자극 피로 현상은 말초피로 현상으로 혈액순환과 관련하여 일시적인 피로 현상으로 사료되나 만성통증 치료시 장시간 경피신경전기자극은 이차적으로 근육내 피로를 야기시킬 수 있다.

피로해진 사지의 회복은 쉬고 있던 반대편 사지의 운동을 하면 훨씬 빨리 이루어지는데(Satchenov: 1935), 이것은 피로하지 않은 사지로부터 구심성 임펄스에 의해 피로해진 운동중추가 재충전(recharging with energy)되기 때문이다. 그러나 Weber(1914)는 이와는 달리 쓸모 없는 대사산물을 제거하기 위한 혈류량의 증가에 의해 피로회복이 촉진된다는 순환론(circulation theory)을 제시하였다. 이 순환론은 Asmussen과 Mazin(1978a, 1978b)에 의해 반박 받았다. 이들은 휴식기 동안 강도가 낮은 경적인 운동이나 정신활동(mental activity)이 피로한 근육의 회복에 도움이 되지만 이와 같은 기본전환활동(diverting activities)에 의해 혈류량이 증가되지는 않는다고 하였다. Asmussen(1979)에 의해 피로한 근육에서 망상체로 가는 구심성 임펄스의 피드백이 수의적 노력(의지)을 억제한다는 기전이 제안되었다. 이 기전에 의하면 기본전환활동에 의해 피로하지 않은 근육에서 망상체의 촉진부위로 임펄스의 유입량이 증가되어 억제상태에서 촉진상태로 변화가 생김에 따라 피로회복이 이루어진다는 것이다.

본 연구에서 저빈도-저강도로 전기자극한 결과 근력이 치료 전보다 증가 현상을 보였는데 이것은 적당한 자극빈도와 적절한 전류강도는 혈류량을 증가시켜 근피로 없이 통증치료가 가능하고 할 수 있다.

근피로의 검사방법은 유산측정, 핵자기공명(NMR)을 이용한 인산측정, 세포내의이온측정, 세포내의 이온농도 측

정, 체성감각 유발전위, 근력측정, 근전파형의 해석, 근수축시의 진동해석 등이 있다(高橋, 1996). 본 연구에서는 통증치료시 주로 사용되는 경피신경전기자극치료법의 피로 현상을 보기 위하여 자극을 받은 수지근의 근력을 측정하여 실험을 하였는데 보다 정확한 결과를 위하여 지금까지 발표된 다양한 방법으로 연구를 계속하여야 한다.

V. 결 론

경피신경전기자극이 근피로 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 1999년 4월 1일부터 5월 10일까지 건강한 20대 한국 성인 남자 20명을 대상으로 저빈도-저강도(20pps, 비가시수축 강도), 저빈도-고강도(20pps, 가시수축 유발 강도), 고빈도-저강도(100pps, 비가시수축 강도), 고빈도-고강도(100pps, 가시수축 유발 강도)로 30분간 경피신경전기자극한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 저빈도-저강도 경피신경 전기자극치료 그룹은 30분 치료 후 근력이 증가하였으며 치료 종결 30분 후에도 근력이 치료전보다 증가 현상을 보였다($P < 0.05$).
2. 저빈도-고강도 경피신경전기자극치료 그룹은 30분 치료 후 근력이 감소하였고 치료 종결 30분 후에도 치료 전 근력을 회복하지 못하였다.
3. 고빈도-저강도 경피신경 전기자극치료 그룹은 치료 후 30분에는 근력이 감소하였으나 치료 종결 후 30분에는 치료 전 근력으로 회복하였다.
4. 고빈도-고강도 경피신경전기자극치료 그룹은 치료 30분 후에는 근력이 현저히 감소하였고 치료 종결 후 30분에도 치료 전 근력으로 회복하지 못하였다($p < 0.05$).
5. 경피신경전기자극치료는 저빈도-저강도로 치료할 때 근 피로 없이 가장 효과적으로 할 수 있고, 저빈도나-고빈도 모두 강한 근 수축이 유발되는 고강도 치료법은 근 피로를 유발한다.
6. 전통적으로 치료해 오던 고빈도-저강도 치료법도 근 피로 없이 치료할 수 있는 방법으로 확인되었다.

참 고 문 헌

高橋光彦: 筋疲労, 日本物理治療雜誌, 30(12) 940-945, 1996.

민정옥: 전기치료학, 현문사, 1993.

- 박래준 : 전기자극이 환귀의 팔격근 형태에 미치는 영향, 박사학위논문, 대구효성카톨릭대학교, 1983.
- 박상옥, 박래준, 양재근, 최영준 : 운동생리학, 193-221, 정담, 1993.
- 이재형 : 전기치료학, 대학서림, 373-378 1995
- Asmussen E : Muscle fatigue, Meds, Sports Exerc 11: 313-321, 1979
 - Asmussen E, Mazin B : Recuoeration after muscular fatigue by diverting activities, Eur. J Appl physiol, 38:1-8, 1978.
 - Asmussen E : Untersuchungen uber die mechanishe Reakton der Skelettmuskelfuser. Scand Arch Physiol. 70,233-272. 1984.
 - Bigland - Ritchie B, Jones DA, hosking GP, Edwards RHT; Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle, Clin Mod Med, 54:609-614, 1978.
 - Brown GL, Burnes BD : Fatigue and neuromuscular block in mamalian skeletal muscle, Proce R Soc Lond(Biol), 136:183-192, 1949.
 - Del Castillo J and Katz B : Statistical factors involved in neuromuscular fascilitation and depression. J. Physiol, 124:251-579, 1984.
 - Edwards RHT : Human muscle fuction and fatigue. In PotrR(eds) : Mechanics(Ciba fundation symposium No. 82). London, Pitman Medical, 1-8, 1981.
 - Edwards RHT : biochemical basis of fatigue. In KnuttgenHG(ed) : Biochemistry od Exercise> Champaign IL, Human Kinetics 3-28, 1983.
 - Gersh MR, Wolf SL, Rae VR : Evaluation of transcutaneous electrical stimulation for pain relief in peripheral neuropathy, Phy Ther 60 : 48-52, 1980.
 - Hill AV : Muscular activies Baltimore, Williams& Wikins, 1925.
 - Ignelzi RH and Nyquist JK : Excitability changes in peripheral nerve fibers after repectitive electrical stimulation. J Neurosurg 51:1443-1449, 1979
 - Ikai M, Yabe K, Ishu K : Muskelkraft und muskulare Remudung beim willkurlicher An spannung und Elekrischer Reizung des Muskels, Sportartz Sportmed, 5, 1967.
 - Kukulka CG : Human skeletal muscle fatigue. In Dynamics of human biological tissues. 1992.
 - Melzack R, Vetere P, Finch L : Transcutaneous electrical nerve stimulation for low back pain : A comparission of TENS of massage for pain and range of motion. Phy Ther 63 : 489-479, 1983.
 - Merton PA : Voluntary strength and fatigue. J Physiol, 123, 553-564. 1954.
 - Moss A : fatigue(Drummond M, Drummond WG, trans), London, Allen and Unwin, 1959.
 - Rojtbak AJ, Dedabrishvili CM : On the mechanism of active rest, Dik Akad Nauk USSR, 124:957-960, 1959.
 - Muller EA : Die Erholung nach statischer haltearbeit, Arl Beitsphysiol, : 72, 1935.
 - Pertovaara A, Kemppainen P, Johansson G, Karonen SC : Dental analgesia produced by non-painful, low frequency stimulation is not influence by stress or reversed by naloxione, Pain, 13:379-384, 1982.
 - Rojtbak AJ, Dedabrishvili CM : On the mechanism of active rest, Dik Akd Nauk U.S.S.R 124 : 957-960, 1959.
 - Schwab RS : Motivation and measurment of fqtigure. In Floyed WF, Welford HT(eds) : Fatigue. London, Lewis, 193-248. 1978.
 - Setchenow IM : Zew Fragenachlder Einwirkung Menchen. In Slected Works. Moscow, USSR Academy of Sciences, 246-260, 1935.
 - Simonson E : physiology of Work Capacity and fatiguem. Springfield. IL, Charles C. Thomas, 1971.
 - Simonson E and Weiser P : Physiological aspects and physiological correlates of work capacity and fatigue. Charles C Thomas, Springfield, IL. 1979.
 - Throsteinsson G : Electrical of Analgesia. In: Therapeutic electrical and ultraviolet radiation Stillwell GK(Ed), 3rd ed, William&Wilkins, Baltimore.P, 109-123, 1983.
 - Weber : Ein physiologishe methode, die leistungsfahigkeit ermudeter muskeln zeurhohen, Arch Physil(leipzig) 385-420, 1914.
 - Weichardt W : Wber das Ermudungtoxin und Autitoxin. Arch Physiol(Leipzig) 385-420, 1940.
 - Waller AD : The sense of effort : an objective study, Brain, 14:179-249, 1891.