

발광 · 무광 적외선등 조사가 실험적 통증역치에 미치는 효과 비교

임인혁, 이정원
여주대학 물리치료과
조수원
경기대학교 물리학과

Abstract

Comparison of the Effects of Luminous Lamp, and Nonluminous Lamp Radiation on Experimental Pain Threshold Sensitivity

Lim In-hyuk, M.A., P.T.

Lee Jeong-weon, M.P.H., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Yeojoo Institute of Technology

Cho Su-won, Ph.D.

Dept. of Physics, Kyonggi University

The purpose of this study was to compare the experimental pain threshold when used in luminous lamp radiation and nonluminous lamp radiation with healthy person. Thirty normal subjects were randomly assigned two groups: a luminous lamp radiation group, and a nonluminous lamp radiation group. The infrared lamps were applied on L3 for thirty minutes. Each group was measured for experimental pain threshold and local temperature before, 15 and 30 minute radiation. For statistical differences in change of the experimental pain threshold and local temperature due to differences in lamp ray was compared using the independent t-test. And, General linear model for profile plots test was used. The results were as: 1. Local temperature was significantly increased in the nonluminous lamp group ($p < .01$). 2. Experimental pain threshold was significantly increased in the luminous lamp group ($p < .05$), ($p < .01$). This study indicate that luminous lamp radiation was more effects of increase experimental pain threshold than nonluminous lamp radiation. Further study is needed to compare the effects of after period radiation.

Key Words: Experimental pain threshold; Local temperature; Luminous lamp radiation; Nonluminous lamp radiation.

I. 서론

적외선은 파장 700~400,000 nm 사이의 전

자기파를 말한다. 태양광선 중 60%는 적외선으로 구성되어 있어 가장 중요한 자연광원이 된다. 뿐만 아니라 가열된 모든 물질은 적외

선을 방출한다. 즉, 일광욕이나 슷가마, 찜질방 등 생활 주변으로부터 수시로 적외선 조사를 받고 있다고 말할 수 있다. 대표적인 광선치료에는 적외선 치료 외에 자외선 치료와 레이저 치료가 있지만 열 효과를 주된 목적으로 하는 것은 적외선 치료이다.

적외선은 불가시광선으로 파장이 7,700~15,000 Å인 것을 근위 적외선이라 하며, 파장이 15,000~150,000 Å인 것을 원위 적외선이라 한다. 발광 적외선등은 근위 적외선을 무광 적외선등은 원위 적외선을 방출한다. 침투 깊이는 조사 에너지의 63%가 흡수되는 깊이로 정의되며, 근위 적외선의 침투 깊이는 약 5~10 mm이고 원위 적외선은 2 mm 이하의 피부 표층에서 대부분 흡수된다(Starkey, 1999). 피부에 효과적으로 흡수되는 파장은 20,000 nm까지이며, 3,000 nm에서는 0.1 mm 침투하고, 1,200 nm에서는 0.6 mm밖에 침투하지 않는다(Ward, 1980).

최근에는 저출력 레이저와 적용방법이나 치료효과가 유사한 발광체에서 발산되는 광선을 편광시켜 발생된 직선편광 근적외선(line polarized near-infrared ray)을 이용하는 편광치료(polarized light therapy)도 도입되고 있다(이재형 등, 1995).

적외선 조사에 따르는 효과는 국소적 혈관 확장(Crockford와 Hellon, 1959), 통증완화(Forster와 Palastanga, 1985), 근 경축 완화, 조직의 치유 촉진, 욱창 예방, 사지의 만성 부종완화(Wadsworth와 Chanmugan, 1980), 건선치료(Westerhof 등, 1987) 등이다.

열은 일반적으로 결합조직의 신장성을 증가시키는 것으로 인식되고 있다(Lehman, 1982).

Warren(1976) 등에 의하면 조직의 온도를 상승시키고 낮은 강도의 신장을 할 경우 조직의 온도가 낮은 상태에서 유사한 신장을 하는 것보다, 조직의 손상이 적게 발생한다. Sapega(1981) 등은 신장을 하기 전이나 신장 중에 열을 적용한 다음, 신장된 부위나 부하

된 자세에서 냉을 적용하면 현저한 결합조직의 위상성 변형을 얻을 수 있다고 제안하였다. 열을 적용하면 반사적인 반응으로 근육의 긴장도를 감소시키게 되어 유연성의 변화에 도움을 주게 된다. 이론적인 근거로서 표면열은 근방추의 구심성 활동을 감소시켜 간접적으로 알파 운동신경원의 활동을 감소시켜서 결국 근육을 이완하게 만든다(Michlovitz, 1986). 이완된 근육에 물리적인 신장을 가하면 결합조직이나 근육을 감싸고 있는 구조물에서 신장에 대항하는 저항력이 약해져 신장을 허용하게 되는 것이다. 결론적으로 표면열이 근육의 이완을 증진시키게 되는 것이다(Casella, 1950; Stolov 등, 1970).

통증의 악순환의 고리를 차단하는 효과적인 방법 중의 하나가 근육의 경축을 이완시키는 방법이다. 열에 의한 근경축 완화는 두 가지 기전으로 설명된다. 하나는 근육의 온도가 상승되면 II군 신경섬유의 흥분발사율이 감소되고 이에 따라 알파 운동신경섬유의 흥분발사율이 감소되어 근경축이 완화되는 기전이다. 근육 위의 피부온도가 상승되면 II군 신경섬유의 흥분발사율이 감소되고 이에 따라 알파 운동신경섬유의 활성이 감소되면서 알파 운동신경섬유의 활성이 감소되면서 근경축이 완화되는 기전이다(이재형, 1995).

실험적 통증역치는 치료효과를 평가하는 방법 중 하나로 사용되고 있다. 권수현 등(1996)은 침형 경피신경 전기자극법과 전통적인 경피신경 전기자극법의 교차효과를 알아보는 방법으로 전기자극기를 이용하여 실험적 통증역치를 측정하였으며, 김중휘 등(1996)도 건강한 성인과 편마비 성인에게 표면열 적용시 보이는 사지에서의 동통역치 변화를 전기자극기를 사용하여 측정하였다. 김선엽 등(1995)은 Burst형과 고빈도형 경피신경 전기자극 치료의 효과를 파형이 직각파인 단속평류전류로 실험적 동통역치를 측정하였다. 본 연구에서도 직류전류를 사용하여 실험

적 통증역치를 측정하였다.

연구의 목적은 임상이나 생활주변에서 자주 사용되고 있는 적외선 증 발광 적외선등과 무발광 적외선등의 조사에 따른 실험적 통증역치 및 국소 온도의 변화를 알아보는 데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

연구는 여주대학 재학생 30명을 대상으로 실시하였다. 연구에 자원한 대상자의 선정조건은 현재 질병을 앓고 있지 않은 자, 감각이상이나 신경근 장애가 없는 자, 요부에 화상이 없는 자, 실험 48시간 전부터 실험에 영향을 줄 수 있는 진통제, 근 이완제, 항우울제, 알코올 섭취 등을 하지 않은 사람이다. 발광 적외선등 조사군과 무광 적외선등 조사군에 각각 15명씩 무작위로 배정하였다.

연구는 여주대학 무료 물리치료실에서 2002년 4월 16일부터 4월 19일까지 위의 대상자 선정조건에 합당한 4명을 대상으로 예비실험을 실시한 후 2002년 5월 2일부터 6월 4일까지 대상자 전원에 대해 실험을 시행하였다.

2. 조작적 정의

실험적 통증역치를 알아보기 위하여 Nottermans(1966)이 사용한 항목 중 따끔한 통증(pricking pain)을 느끼기 시작할 때의 전류량을 3회 반복 측정하여 가장 작은 값을 실험적 통증역치로 정의하였다.

3. 실험장비 및 절차

연구는 발광 적외선등¹⁾과 무광 적외선등²⁾의 조사에 따른 실험적 통증역치의 변화를 측정하기 위해 전기자극기³⁾를 사용하였다.

통증역치는 조사직전, 15분 조사, 30분 조사 시점에 측정한다. 조사부위의 국소 온도변화는 조사직전, 15분 조사, 30분 조사시점에 디지털 체온계⁴⁾를 사용하여 측정하였다.

가. 발광·무광 적외선등의 조사절차

대상자는 치료대에 엎드려 누운 자세에서 허리부위를 노출하고, 요추 3번 좌·우의 5cm 지점에 점을 찍어 표시한다. 대상자의 등과 적외선등이 직각을 이루도록 조정하고 조사 거리는 반사경에서 피부까지 50cm로 맞춘다. 조사시간은 30분으로 조정하고 조사강도는 최대로 한다. 시간 조절기에서 종료를 알리는 경고음이 울리면 조사를 마친다.

무광 적외선등에는 강도 조절기가 없으며 조사 절차는 등을 10분 동안 예열한 다음 발광 적외선등과 동일한 방법으로 적용한다.

나. 실험적 통증역치의 측정절차

대상자의 표시된 요추 3번 우측 점에서 실험적 통증역치를 측정한다. 먼저 패드 전극은 대상자의 우측 엉덩이에 놓고 탐침 전극은 우측 점에 놓는다. 전류는 직류를 사용하며 전류강도 표시 창에 0.1mA 단위로 표시하여 전류강도 조절기를 일정한 속도로 조작한다. 대상자에게 따끔따끔하게 느껴질 때 “그만”이라고 말하도록 지시하고, 대상자가 “그만”이라고 말할 때의 전류강도를 기록한다. 1분 내에 3회 반복 측정하여 가장 낮은 전류강도로 통증역치를 기록한다.

다. 국소 온도의 측정방법

측정을 시작하기 전에 온도 표시창에 온도가 상온을 나타내는지 확인한다. 먼저 적외선등의 광선을 책으로 가리고 온도를 측정한다. 체온계의 끝을 45° 각도로 요추 3번 좌측 점

3) SIEMENS Co. STEREO DYNATOR 828, German.

4) 혜성전자, BT-200, 대한민국.

1) 대명의료기, IR-300, 대한민국.

2) Rallis Co. R1756, USA.

에 대고 가볍게 누른다. 3초 후 온도 표시 창에 나오는 최소값을 국소 온도로 기록한다.

4. 분석방법

측정된 모든 자료들을 부호화하여 윈도우용 SPSS 10.0을 이용하여 분석하였다. 성별 및 등 종류에 따른 적외선등 조사 직전, 15분 조사, 30분 조사시점에서의 실험적 통증역치 및 국소 온도 변화량의 비교를 위해 독립된 t-검정을 이용하였다. 적외선 종류에 따른 실험적 통증역치 및 국소 온도 변화량의 추세검정은 일반 선형 모형(general linear model) 반복측정으로 분석하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위하여 유의수준 α 는 .05로 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구 대상자는 자원한 대학생 30명중 남자는 13명(43.3%), 여자는 17명(56.7%)이었다.

대상자의 평균연령은 22.7세이었다. 발광 적외선등 조사군에는 남자 6명, 여자 9명이었으며 무광 적외선등 조사군에는 남자 7명, 여자 8명이었다.

2. 성별에 따른 적외선등 조사시 국소 온도 변화량 비교

성별에 따른 국소 온도 변화량을 비교해보면 15분 조사 시점에서 30분 조사 사이의 국소 온도 변화량이 남자는 평균 .38°C 증가하였으며, 여자는 -.21°C 감소하여 통계학적으로 유의하였다($p < .05$), (표 1).

3. 등 종류에 따른 적외선등 조사시 국소 온도 변화량 비교

등 종류에 따른 국소 온도 변화량을 비교해보면 15분 조사시점에서 조사 전에 비해 발광등은 평균 2.35°C 증가하였으며, 무광등은 평균 3.47°C로 증가하였다. 30분 조사시점에서 조사 전에 비해 발광등보다 무광등에서

표 1. 성별에 따른 적외선등 조사 전, 15분 조사, 30분 조사시 국소 온도 변화량 비교

(N=30, 단위: °C)

변수	남자(n=13)	여자(n=17)	t-값
	평균±표준편차	평균±표준편차	
15분 조사-조사 직전	2.68±1.01	3.08±1.28	-.95
30분 조사-조사 15분	.38±.64	-.21±.77	2.29*
30분 조사-조사 직전	3.07±1.25	2.88±1.12	.44

* $p < .05$.

표 2. 등종류에 따른 적외선등 조사 직전, 15분 조사, 30분 조사시 국소 온도 변화량 비교

(N=30, 단위: °C)

변수	발광(n=15)	무광(n=15)	t-값
	평균±표준편차	평균±표준편차	
15분 조사-조사 전	2.35±1.03	3.47±1.04	-2.95*
30분 조사-조사 15분	-3.3E-02.14±.78	.14±.77	-.59
30분 조사-조사 전	2.32±.86	3.61±1.07	-3.63*

* $p < .05$.

표 3. 등 종류에 따른 적외선등 조사 직전, 15분 조사, 30분 조사시 통증역치 변화량 비교

(N=30, 단위: mA)

변수	발광(n=15)	비발광(n=15)	t-값
	평균±표준편차	평균±표준편차	
15분 조사-조사 직전	1.45±.59	-7.3E-02±.71	6.30*
30분 조사-조사 15분	.25±.71	.93±.64	-2.75*
30분 조사-조사 직전	1.70±.67	.85±.62	3.57*

*p<.01

더 증가하였으며 모두 통계학적으로 유의하였다(p<.01),(표 2).

4. 등 종류에 따른 적외선등 조사시 통증역치 변화량 비교

등 종류에 따라 실험적 통증역치 변화량을 비교해 보면 15분 조사시점에서 조사 전에 비해 발광등에서 평균 1.45 mA 증가하였으며 무광등에서는 평균 -7.3 mA 감소하였으며 통계학적으로 유의하였다(p<.05),(표 3).

5. 적외선등 조사시간 경과에 따른 국소 온도의 변화추세

등 종류에 따른 국소 온도변화 추세를 보면 조사시간이 경과함에 따라 15분 조사시점

까지는 가파르게 증가하며, 15분 이후에는 완만한 변화를 보여준다. 발광·무광 적외선등은 모두 유사한 선형적 증가를 보였다(그림 1).

6. 적외선등 조사시간 경과에 따른 실험적 통증역치의 변화추세 그래프

등 종류에 따른 통증역치의 변화추세를 보면 조사시간이 경과함에 따라 15분 조사시점까지는 가파르게 증가하며, 15분 이후에는 발광 적외선등은 완만해진다. 무광 적외선등은 15분 조사시점까지는 약간 감소하다 15분 이후부터는 가파른 선형적 증가를 보였다(그림 2).

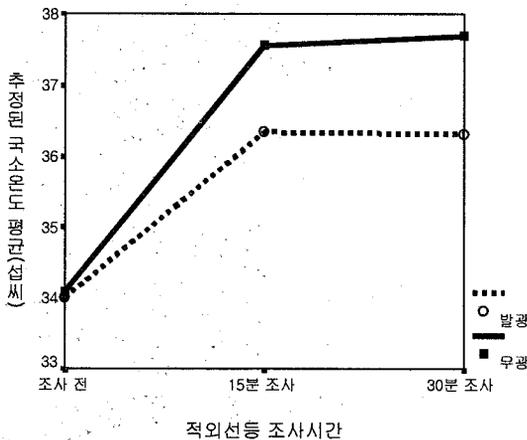


그림 1. 조사시간에 따른 국소 온도변화

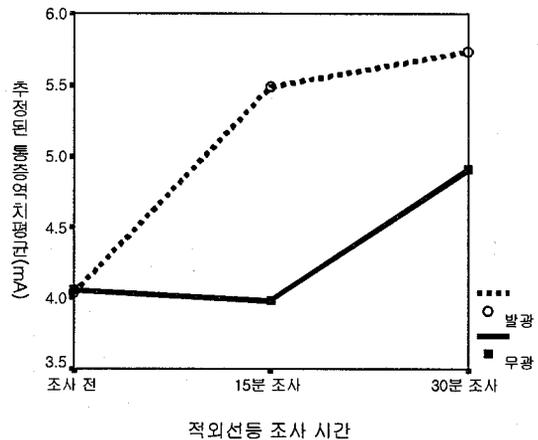


그림 2. 조사시간에 따른 통증역치 변화

IV. 고찰

발광 적외선등은 전력 250 W, 램프 직경이 200 mm이며, 무광 적외선등은 전력 750 W이고 코일로 되어 있다. 모든 높이와 조사등의 각도 조절이 가능하다. 무광 적외선등은 코일의 예열을 위해 조사 10분 전에 전원을 켜놓았다. 조사 중에 환자의 움직임을 최소화 하기 위해 베개를 사용하여 엎드려 누운 자세를 만들어 주었다. 두 등의 조사거리는 적외선 치료시 유지해야 되는 최소한의 거리로써 피험자의 피부와 등이 직각으로 50 cm 거리를 유지하도록 줄자를 사용하여 조절하였다.

디지털 체온계의 측정 범위는 32.3~43.2°C이며 정확도는 ± 0.1 이다. 체온을 측정하려는 부위에 놓고 스위치를 가볍게 누르면 약 2초간 바로 전에 측정한 값이 표시된 후 기계가 자체적으로 8회 측정하여 그 평균값을 새로운 측정값으로 표시해준다. 국소 온도를 적외선 조사 중간에 측정해야 하므로 빠르고 0.1°C 까지 측정 가능한 디지털 체온계를 사용하였다. 적외선 복사에 의한 오차를 줄이기 위해 측정 동안에는 책으로 적외선을 차단한 채 측정하였다. 실험적 통증역치는 통각계를 사용하지 않고 아직 통각계가 없는 병의원의 임상적 유용성을 고려하여 임상에서 흔히 사용되고 있는 전기자극기를 사용하였다. 전류 강도가 1 mA 단위로 표시창에 기록되며, 갈바닉 전류를 사용하였다.

측정은 연구보조원 2명이 실시하였다. 각각 통증역치와 국소 온도를 측정 기록하였으며 대상자에게는 알리지 않고 기록하였다.

연구결과 성별에 따른 적외선등 조사 직전, 15분 조사, 30분 조사시점에서 역치 및 국소 온도의 변화는 통계학적으로 유의하지 않았다. 그러나 국소 온도의 변화량을 비교해 보면 남자는 지속적으로 증가하는 반면에 여자는 초기에 상승하였다가 15분을 전후하여 상승이 현저히 둔화되는 것을 알 수 있다. 이러

한 변화는 신체 조성비나 열에 의한 혈관 확장 반응의 차이에 있다.

피부에서의 온도 감각의 민감성은 일정하지 않다. 즉, 피부 온도가 30°C 정도에서는 1°C의 온도변화도 인지하지만 서서히 온도가 변하면, 5°C~10°C의 큰 온도변화가 있어야 인지하게 되므로 피부의 냉온각 민감도 검사에는 시험관의 물을 피부보다 10°C 이상이나 이하로 온도변화를 주어 검사를 하게 된다. 온감은 35°C에서 뜨겁게, 40°C에서 매우 뜨겁게, 그리고 45°C 이상에서는 타는 듯한 통증을 느끼게 된다. 온각 수용기의 활동은 25°C에서 활동을 시작하여 점차 증가되며, 38°C에서 최대치를 보인다(Low와 Reed, 1999). 본 연구에서 피험자가 무광 적외선등을 조사한 집단에서 발광 적외선등 조사 집단보다 뜨겁다고 호소했는데 이는 무광 적외선등에서 나오는 원적외선이 표피에서 대부분 흡수되어 열로 전환되기 때문일 것이다.

김근조와 김규리(1995)는 요부에 30분간 적외선 조사 후 서해부에서 평균 37.02°C의 체온을 보고하였는데 본 연구에서는 요추 3번에서 30분간 조사하여 좌측으로 5 cm 지점에서 평균 37.01°C의 온도를 보였다. 이는 조사 전에 비해 평균 3.12°C 상승한 것이다.

체온은 신체부위에 따라 다르나 더운 환경에서도 머리와 체간의 중심온도는 37°C로 일정하게 유지한다. 표면열은 피부와 피하 조직에서 흡수되어 혈액순환 증진으로 열이 가해지고 5분 정도 지나면 냉각효과로(cooling effect) 생체온도가 유지되며 지속적으로 열을 받을 때 발한 작용이 증가 된다. 피부표면의 혈류량은 교감신경의 지배하에 있는 동맥혈관에 의해 조절된다. 피부의 온도변화를 감지하는 온각 수용기는 냉각 수용기보다 8배나 많이 분포하고 있다. 혈관의 확장시 정상 시보다 20배의 혈류량이 증가될 수 있다. 열을 방출하는데 매우 효과적인 방법이 발한이다(Low와 Reed, 1999). 본 연구에서도 대상

자 중 16명은 피부가 습해지는 정도의 발한을 보였다.

등 종류에 따른 국소 온도 변화량에서 발광 적외선등보다 무광 적외선등에서 온도 변화량이 통계학적으로 유의하게 높게 나온 것은 온도 측정이 피부표면에서 이루어졌다는 점을 간과할 수 없다. 또한 피부의 홍반이 발광등에서는 경계가 분명하고 시간경과에 따라 현저히 넓어지는데 반해서 무광등에서는 경계가 분명하지 않았으며 홍반의 범위도 좁았다. 이는 피부에서의 혈류 증진에 중요한 역할을 하는 축삭 반사에 의한 혈관 확장 차이 때문일 수 있다.

성별에 따른 역치의 변화는 유의하지 않았다. 대개 0.5 mA 정도의 전류에서 대부분의 사람들은 전류의 흐름을 감지하게 되며, 5 mA에서는 고통을 느끼게 된다. 60 Hz의 교류전류에서는 평균 1 mA에서 찌릿하게 느끼는데 성별로는 여자에서는 0.7 mA, 남자는 1.1 mA에서 느낀다. 최저 0.5 mA이며 직류전류에서는 평균 4.4 mA에서 감지한다. 여자 3.5 mA, 남자 5.2 mA 정도에서 찌릿하게 느낀다(이재형, 1995). 본 연구에서는 등의 종류에 따른 역치 변화량은 발광등이 무광등에 비해 시간경과에 따른 선형적 상승 기울기는 변화가 있으나 유의하게 높게 나왔다. 이러한 결과는 무광등이 국소 온도가 높았음에도 불구하고 실험적 통증역치는 발광등에서 높게 나온 이유는 발광등에서는 근위 적외선이 주로 나오며 투과 깊이가 원위 적외선 보다 깊어 진피층에 많이 분포하는 감각 수용기들을 효과적으로 활성화시키기 때문으로 사료된다. 이재형 등(1995)은 직선 편광 근위 적외선(line polarized near-infrared ray) 조사 후 2시간까지 통증역치의 증가를 보고하였는데 본 연구에서는 조사 후 추세검정을 하여 선형적인 증가를 보였다.

본 연구는 연구기간 동안 치료실의 실내 온도가 23~31°C 범위이고, 습도는 측정하지

않아서 치료실의 환경이 대상자의 체온에 미치는 영향을 통제할 수 없었다. 그리고 대상자의 연령층이 20대로 한정되어 있어 결과를 일반화 하는데 제한점이 있었다. 추세검정에서 선형적 변화를 보이고는 있으나 측정시점의 간격이 멀어서 30분 이후에 온도변화나 통증역치의 변화를 추정하는데는 제한점이 있었다. 앞으로 측정간격을 좁히고 조사 후의 변화에 대한 측정이 필요할 것이다.

V. 결론

적외선 등은 체내에 미치는 열효과 뿐 아니라 방사열에 노출된 세포와 기관은 활성화되며 혈관이 확장되어 혈액순환이 촉진되어 노폐물이 신속하게 제거되고 강장작용이 있어 생활주변에서도 널리 사용되고 있다. 본 연구의 목적은 발광 적외선등과 무광 적외선등 조사에 따른 국소 온도변화 및 실험적 통증역치의 변화를 비교하는데 있다.

본 연구는 여주대학에 재학 중인 30명의 자원자를 대상으로 하였다. 대상자의 평균연령은 22.7세이었고, 남자가 13명(43.3%)이었으며 여자가 17명(56.7%)이었다. 적외선등 조사 15분에서 30분 사이에는 국소 온도변화량이 남자에서 여자보다 유의하게 증가하였다($p < .05$). 적외선등 조사직전에서 15분까지, 조사 직전에서 30분 조사 사이의 국소온도 변화량이 무광등에서 발광등보다 유의하게 증가하였다($p < .01$). 그러나 15분 조사에서 30분 사이에서는 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 실험적 통증역치의 변화량은 조사에서 15분 조사까지, 조사 전에 비해 30분 조사시 발광등이 무광등에 비해 유의하게 증가하였다($p < .01$). 그리고 조사 15분에서 30분까지는 무광등에서의 변화량이 더 컸으며 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 적외선등 조사시간 경과에 따른 국소온도 변화추세는 무광에서 발광에 비해 높았으며 모두 선형적 증가를 보였

다. 적외선등 조사시간 경과에 따른 실험적 통증역치 변화추세 그래프가 발광에서 무광에 비해 높았으며 모두 선형적 상승을 보였다.

본 연구의 결과 발광 적외선등이 무광 적외선보다 실험적 통증역치를 높임을 알 수 있다. 전기치료 전에 전해질을 풍부하게 할 목적으로 사용한다면 무광 적외선등보다는 발광 적외선등이 더 적합할 것이다. 앞으로 조사부위나 조사 후의 역치변화에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

인용문헌

- 김근조, 이규리. 온·냉 적용시 신체부위별 및 시간에 따른 체온변화에 대한 연구. 대한물리치료사학회지. 1995;2(3):1-10.
- 권수현, 배은영, 신영주 등. 침형 경피신경 전기자극법과 전통적인 경피신경 전기자극법의 교차효과 비교. 한국전문물리치료학회지. 1996;3(2):29-35.
- 김선엽, 최홍식, 권오윤. Burst형과 고빈도형 경피신경전기자극치료가 실험적 동통역치와 체온에 미치는 영향 비교. 대한물리치료사학회지. 1995;2(2):1-16.
- 김중휘, 홍도선, 이정원. 건강한 성인과 성인 편마비의 표면열 적용시 사지에서의 동통역치 변화에 관한 연구. 한국전문물리치료학회지. 1996;3(2):19-28.
- 이재형. 전기치료학. 서울, 대학서림, 1995: 79-101.
- 이재형, 송인영, 최은영. 직선 편광 근적외선 조사가 건강인의 실험적 통증역치에 미치는 영향. 대한물리치료사학회지. 1995; 2(4):33-40.
- Casella C. Tensile force in total striated muscle, isolated fiber and sarcolemma. Acta Physiol Scand. 1950;21:380-401.
- Crockford GW, Hellon RF. Vascular responses of human skin to infra-red radiation. J Physiol. 1959;149:424-432.
- Forster A, Palastanga N. Clayton's Electrotherapy: Theory and Practice 9th eds, London, Bailliere Tindall, 1985.
- Lehman FJ. Therapeutic Heat and Cold. Baltimore, Williams and Wilkins, 1982; 404-562.
- Low J, Leed A. Electrotherapy Explained: Principle and practice. London, Butterworth-Heinemann, 1991: 287-298.
- Michlovitz S. Biophysical principles of heating and superficial heat agents. In: Michlovitz S. Thermal Agents in Rehabilitation. Philadelphia, F.A. Davis Co., 1986:88-108.
- Nottermans SLH. Measurement of the pain threshold determined by electrical stimulation and its clinical application. Part I. Method and factors possibly influencing the pain threshold. Neurology. 1966;16:1071-1086.
- Sapega A, Quedenfeld T, Moyer R, et al. Biophysical factors in range-of-motion exercise. Phys Sport Med 1981;9: 57-65.
- Stolov W, Weilepp TG, Riddell WM. Passive length-tension relationship and dehydroxyproline content of chronically nerved skeletal muscle. Arch Phys Med Rehabil. 1970;51:517-525.
- Wadsworth H, Chanmugan APP. Electrophysical Agents in Physiotherapy: Therapeutic and diagnostic use. Marrickville, Science Press, 1980.
- Warren C, Lehmann J, Koblanski J. Heat and stretch procedures: An evaluation using rat tail tendon. Arch Phys Med Rehabil. 1976;57:122-126.

Westerhof W, Siddiqui AH, Cormane RH,
et al. Infrared hyperthermia and
psoriasis. Arch Dermatol Res. 1987;279:
209-210.