

# 침수욕과 적외선의 적용이 카테콜아민과 그 대사물질의 변동에 미치는 효과

이상빈<sup>1</sup> · 안호정<sup>2</sup> · 윤영대<sup>3</sup>

<sup>1</sup>남서울대학교 물리치료학과 · <sup>2</sup>대원과학대학 물리치료과 · <sup>3</sup>강남병원 물리치료실

## The Effects of the Warm Water Immersion and Infrared Application on Changes of Catecholamines and Its Metabolites in Human Body

Sang Bin Lee<sup>1</sup> · Ho Jung Ahn<sup>2</sup> · Young Dae Yun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Dept. of Physical Therapy, Namseoul University*

<sup>2</sup>*Dept. of Physical Therapy, Daewon Science College*

<sup>3</sup>*Dept. of Physical Therapy, Kangnam general hospital*

### ABSTRACT

**Background:** The purpose of this study was to demonstrate the norepinephrine-induced nociceptive effects by monitoring catecholamines and its metabolites in human body. **Methods:** To exam the antisymphathetic effect from the healthy volunteer(male:15, female:15) by monitoring changes of epinephrine, norepinephrine, dopamine, metanephrine, normetanephrine, and others of urine, a comparative study with warm water immersion (40.8±0.3°C) and infrared (250W) was carried out. **Results:** The urinalysis showed that the concentration of epinephrine and norepinephrine were significantly decreased by both warm water immersion-and infrared-stimulated group of urine in 24 hours. **Conclusion:** Therefore, these results suggest that the diminished responsiveness on the epinephrine and norepinephrine to warm water immersion and infrared in volunteer may be, in part, related by the increased of antisymphathetic effects.

**Key words** : warm water immersion, infrared, catecholamines(epinephrine, norepinephrine, dopamine)

## I. 서론

인체는 일생을 살아가면서 여러 가지 환경 및 자극에 접하게 되며 그에 따라 적응하기도 하고 또한 신체적, 정신적 변화를 겪기도 한다. 특히 유해적 자극에 폭로될 경우 나타나는 혈액 및 소변 중으로 유리되는 활성아민과 교감신경의 흥분성 증가는 일반적으로 유도되는 자연적 현상이다(Prieto 등, 2003; Thwaites 등, 2006). 즉, 교감신경 흥분성 증가로 인한 카테콜아민의 과형성 및 활성작용은 유해자극으로 유발된 통증 혹은 혈관-평활근 과도수축으로 인한 심혈관질환의 이환에 절대적인 영향을 미치며(Nunes와 Guimaraes, 2000; Luo 등, 2004), 이러한 혈관의 근 긴장성 변화와 구조적 및 기능적 변화는 임상적으로 고혈압, 뇌출혈, 협심증과 같은 성인병과 직접적으로 연관되어 있어 그 중요성이 강조되고 있다(Schiffirin, 1998; Kim 등, 2004).

한편, 교감신경의 활성화 증가와 유리 및 분비의 억제 방법으로 경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)과 침과 뜸-자극, 전기침자극 그리고 은침점전기자극(silver spike point electrical stimulation) 및 마사지 등에 의한 통증제어와 심혈관질환-연관 인자의 조절 및 교감신경 활성억제에 대한 연구결과는 보고되어 있으나(Field 등, 1999; Vas 등, 2004; 이숙희 등, 2006), 침수욕에 의한 교감신경 억제효과나 적외선 등과 같이 온열의 적용으로 나타나는 교감신경의 활성변동 및 유리조절에 대한 연구 보고는 미비한 상태에 있다. 더욱이 물리치료 영역에서 온열침수(Warm Water Immersion; WWI)요법과 적외선(Infrared, IR)의 적용으로 변동되는 연구결과 거의 보고 되어 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 온열침수와 적외선을 인체에 적용하여 변동되는 카테콜아민과 그 대사물질의 변동을 관찰 및 분석함으로써 온열침수와 적외선이 항-교감효과에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 자극-유도 카테콜아민의 생성 및 작용기전의 이해

여러 유해자극에 대한 통증반응(pain responses)은 그 개체의 인지 및 보호반응이며, 조직에 따라 차이가 있으나 통증 및 스트레스에 의해 교감신경의 흥분과 함께 교감신경전달물질인 카테콜아민이 유리되어 수용체를 통한 신호전달이 이루어진다(Wu 등, 2000). 일반적으로 카테콜아민은 벤젠환을 공통적으로 가지고 있는 방향성아민으로써 생리 작용이 현저한 노르에피네프린(norepinephrine)과 에피네프린(epinephrine) 및 도파민(dopamine)을 지칭한다. 노르에피네프린은 교감신경 전달물질로서 중요하며 에피네프린은 부신수질 호르몬으로서, 도파민은 노르에피네프린의 전구물질 및 신경전달물질로서의 중요한 역할을 각각 담당한다(Eisenhofer 등, 2004; Oelmann 등, 2004). 카테콜아민의 생성에는 음식으로 섭취하는 타이로신 혹은 간장에 존재하는 페닐알라닌에 효소가 작용하여 생성되는 타이로신으로부터 생성된다. 즉, 타이로신은  $\text{Na}^+$  이온-의존성 전달자에 의해 교감신경의 말단으로 유입된다. 이렇게 유입된 타이로신 벤젠고리의 meta-위치(3번 위치)에 OH-기가 효소의 작용으로 결합함으로써 DOPA(dihydroxyphenylalanine)가 되고, 이어서 COOH-기가 떨어져 나가면서 활성아민인 도파민이 생성된다. 이렇게 생성된 도파민은 뇌에 존재하는 카테콜아민 중 가장 많이 존재하는 활성아민으로서 노르에피네프린의 전구체 역할 뿐 아니라 뇌의 특정부위에 고농도로 함유되어 신경전달물질로서 생리기능에 관여하고 있다(Elenkov 등 2000). 특히, 파킨슨병(Parkinson's disease)의 경우 타이로신 수산화효소(tyrosine hydroxylase)의 활성이 감소된 결과 뇌의 기저핵 중에서 흑질(substantia nigra)과 선조체(corpus striatum) 부위에 도파민 생성의 감소로 운동기능장애를 초래하는 것이 보고되어 있다(Chen 등, 2005; Ogawa 등, 2005). 이러한 도파민의 생성과정은 교감신경말단의 세포질에서 이루어지는 반면에 노르에피네프린의

생성은 ATP-의존적으로 소포 내로 유입되어 소포 내에 존재하는 효소의 작용으로  $\beta$ -위치의 탄소에 OH-기가 결합함으로써 생성된다(Elenkov 등 2000; Oeltmann 등, 2004).

이와는 달리 에피네프린은 주로 부신수질(80%≤)에서 고농도의 당류코르티코이드(glucocorticoid)의 존재 하에 노르에피네프린으로부터 전환되어 크롬친화성 과립에 저장되어 있다가 유리된다. 반면 교감신경 말단에서는 거의 대부분(97%≤)이 노르에피네프린을 생성하는 것으로 알려져 있는 이유로 생리적 혹은 병리적 작용에 다소 차이가 나타남을 이해할 수 있다(Elenkov 등 2000; Eisenhofer 등, 2004).

## 2. 자극-유도 카테콜아민의 대사기전 및 대사물질

여러 유해자극으로 분비 및 유리된 카테콜아민은 필연적으로 비활성화 되는 과정을 거치게 된다. 이러한 카테콜아민 중에서 노르에피네프린과 에피네프린의 비활성화 대사초기에 관여하는 효소에는 모노아민 산화효소(Monoamine Oxidase, MAO)와 카테콜-O-메틸기 전이효소(Catechol-O-methyltransferase, COMT)가 있는데, 교감신경말단 내에 유리된 노르에피네프린의 대사에는 주로 MAO고 혈중에 존재하는 카테콜아민의 대사에는 COMT가 주로 관여하는 것으로 알려져 있다(Oeltmann 등, 2004). 먼저 혈중에 존재하는 노르에피네프린과 에피네프린은 그 유래에 상관없이 COMT에 의해 각각 노르메타네프린(normetanephrine)과 메타네프린(metanephrine)으로 메틸화 되며, 이 대사산물은 다시 MAO의 작용으로 탈아민 되어 MOPGAL(3-methoxy-4-hydroxy-phenylglycoaldehyde)을 생성하게 된다. 이렇게 생성된 MOPGAL은 일련의 효소작용을 거쳐 MHPG(3-methoxy-4-hydroxyphenylethylene glycol)와 VMA(vanillyl mandelic acid, 3-methoxy-4-hydroxymandelic acid)가 되어 최종 소변으로 배출된다(Elenkov 등 2000; Oeltmann 등, 2004). 한편, 교감신경말단의 세포질에 존재하는 노르에피네프린과 에피네프린의 경우, 미토콘드리아의 외막에 존재하는 MAO에 의해서 탈아민의 과정을 거쳐 DOPGAL (3, 4-dihy-

droxyphenylethylene glycol)로 되며, 이것은 산화와 환원의 과정을 거쳐 DOPEG(3, 4-dihydroxyphenylethylene glycol)과 DOMA(3, 4-dihydroxymandelic acid)를 형성하게 된다. 이렇게 형성된 대사산물은 COMT의 작용을 받아 최종적으로 MHPG와 VMA로 형태를 바꾸어 소변으로 배출되게 된다(Elenkov 등 2000; Oeltmann 등, 2004). 또한 카테콜아민의 하나인 도파민 역시 MAO 혹은 COMT의 작용을 받아 탈아민 혹은 메틸화를 이룸으로써 DOPAC(3, 4-dihydroxyphenylacetic acid) 혹은 MTA(3-methoxytyramine)를 생성하여 최종 대사산물인 HVA(homovanillic acid)가 소변으로 배출되는 형태를 취하는 것으로 알려져 있다.

## Ⅲ. 연구방법

### 1. 연구대상과 연구환경

본 연구에 참여한 대상자는 건강에 이상이 없는 연령 23~32세, 신장 171.0±1.2cm, 체중 68.0±2.2kg의 남성 15명과 연령 22~24세, 신장 159.5±1.2cm, 체중 54.6±2.4kg의 여성 15명으로서 각각 무작위로 선발하여 연구를 진행하였다. 신장과 체중의 측정은 체중계와 신장측정 장치가 함께 내장되어 있는 신장 및 체중 측정기(JENIX<sup>®</sup> DS-102, Dongsan Co., Korea)를 사용하여 2회 측정 후 평균을 산출하였다. 연구환경은 23±1℃의 온도를 유지하였다. 모든 연구조작은 바로 선 자세를 유지한 상태에서 측정하였다.

또한 본 측정연구에 들어가기에 앞서 피 연구자의 생리기간을 피하였으며, 일절 실험내용에 대한 언급을 하지 않은 상태에서 24시간 소변(오전 8시부터 다음날 오전 8시까지)과 일정시간(14:00~16:00)에 혈액을 채집 및 채취하였다. 생체기전(*In Vivo*)의 오차를 줄이고자 24시간의 합숙통제와 함께 동일한 제한식이와 음료를 제공하였다. 음주와 투약을 금지하도록 하였으며, 기준선이 기록된 음료용 컵을 제공하여 음수한 컵의 수를 정(正)자로 표시하도록 하였다.

## 2. 온열침수와 적외선 적용

본 연구는 온열침수와 적외선을 인체의 양쪽 족부에 적용하였다. 온열침수를 위하여 자동온도조절( $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ )이 가능한 핫팩통(KRS 12P, Karis Co., Korea)에 물을 적정량 채운 후  $42^{\circ}\text{C}$ 에 온도를 맞추어 자동조절을 세팅하였다. 적용 전, 후 수온온도계로 눈높이에서 눈금을 확인하였다( $40.8 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ )(Ahlers 등, 2005). 모든 대상자의 온열침수적용은 슬관절  $90^{\circ}$  굴곡상태가 되도록 하였으며 침수부위는 양 족부 경골내과 상부 1/3 범위 내에서 침수하도록 물의 높이를 조절하였다. 침수시간은 온열침수 30분, 적외선 30분씩 총 2회에 걸쳐 적용하였다.

적외선은 출력 250W의 발광 적외선등(Infrared, Ilshin Co., Korea)을 사용하였다. 조사부위는 양 족배 부로써 조사부위와  $90^{\circ}$ 를 이룬 각도의 약 20~25cm 높이에서 2대의 적외선 등을 각 조사부위에 적용하였다. 적외선 조사시간은 총 2회를 실시하였으며 각각 30분(총 60분)을 적용하였다. 모든 대상자의 적외선 조사 시 자세는 슬관절을 완전 신전시킨 자세로 앉은 자세를 취하게 하도록 유지시킨 후 양팔로 상체를 지탱하도록 하였다. 인체 연구의 환경은  $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 온도를 유지하도록 하였으며, 상의는 반팔 T-셔츠 1장과 하의는 속옷 1장과 반바지 1장으로 통일하였다.

## 3. 소변 카테콜아민과 메타네프린, 노르메타네프린 및 호모바닐산의 분석

온열적용 유무 및 성별 비교에 따른 카테콜아민(catecholamine)인 에피네프린(epinephrine), 노르에피네프린(norepinephrine), 도파민(dopamine) 그리고 메타네프린(metanephrine), 노르메타네프린(normetanephrine) 및 호모바닐산(homovanilic acid)을 측정하기 위해 24시간의 소변을 채집하였다. 소변의 채취는 오전 8시부터 다음 날 오전 8시까지의 신선뇨를 취하였다. 소변의 부패를 방지하기 위해 6N HCl 10ml을 첨가된 소변-채집 전용 튜브를 사용하여 수집하였으며, 측정내용에 따라 측정 시까지 냉장 및 냉동보관 하였다.

카테콜아민과 메타네프린, 노르메타네프린 및 호모바닐산의 측정은 high performance liquid chromatography(HPLC)-Regent set(Bio-Rad Laboratories, USA)를 이용하였다(Greencross Laboratory, 경기도 용인시 소재).

## 4. 통계학적 분석

본 연구의 통계처리는 각 연구결과에 따라 SAS 소프트웨어(version 6.12)를 사용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 또한 각 비교군 사이의 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하여 t-검정과 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, p값이 0.05 미만인 것을 통계학적으로 유의한 것으로 판단하였다. 연구 성적은  $\text{mean} \pm \text{SEM}$ 으로 나타내었다.

## IV. 연구결과

### 1. 온열적용의 유무와 성별에 따른 에피네프린과 노르에피네프린, 메타네프린 및 노르메타네프린의 변동

온열적용의 유무 및 성별에 따른 24시간 소변 에피네프린(epinephrine) 그리고 노르에피네프린(norepinephrine) 및 메타네프린(metanephrine), 노르메타네프린(normetanephrine)의 수치 변동은 다음과 같았다.

온열적용 유무에 따른 에피네프린 변동의 경우, 남성과 여성 모두에서 온열을 적용하지 않은 대조군(남성;  $17.3 \pm 2.4 \mu\text{g}/\text{day}$ , 여성;  $12.0 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{day}$ )에 비해 온열침수(남성;  $13.1 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{day}$ , 여성;  $7.4 \pm 0.7 \mu\text{g}/\text{day}$ )와 적외선(남성;  $11.1 \pm 1.1 \mu\text{g}/\text{day}$ , 여성;  $6.3 \pm 0.8 \mu\text{g}/\text{day}$ )을 적용한 실험군 모두에서 유의한 수준으로 감소를 나타냈다(그림 1A, 1B). 또한 남성과 여성의 구별 없이 온열적용 유무에 대한 결과분석 역시 대조군( $14.7 \pm 1.4 \mu\text{g}/\text{day}$ )에 비해 온열침수( $10.3 \pm 0.9 \mu\text{g}/\text{day}$ )와 적외선( $8.7 \pm 0.8 \mu\text{g}/\text{day}$ ) 적용군 모두에서 유의한 수준의 감소

가 나타남을 확인할 수 있었다(그림 1C).

온열적용 유무에 따른 노르에피네프린 변동의 경우, 남성에서 온열을 적용하지 않은 대조군( $51.0 \pm 6.6 \mu\text{g/day}$ )에 비해 온열침수( $43.1 \pm 5.0 \mu\text{g/day}$ )와 적외선( $35.6 \pm 3.0 \mu\text{g/day}$ )을 적용한 실험군에서 유의한 수준의 감소를 나타냈다(그림 2A). 이와는 달리 여성에서는 대조군( $57.8 \pm 7.6 \mu\text{g/day}$ )에 비해 온열침수( $46.0 \pm 4.0 \mu\text{g/day}$ ) 적용군에서 감소의 경향을 나타낸 반면, 적외선( $51.3 \pm 14.4 \mu\text{g/day}$ ) 적용군에서는 별다른 차이가 나타나지 않았다(그림 2B). 그러나 남성과 여성의 구별 없이 온열적용 유무에 대한 결과분석은 대조군( $54.4 \pm 5.0 \mu\text{g/day}$ )에 비해 온열침수( $44.5 \pm 3.2 \mu\text{g/day}$ )와 적외선( $43.2 \pm 7.1 \mu\text{g/day}$ ) 적용군 모두에서 감소의 경향을 나타냈으며, 특히 온열침수 적용군은 유의한 감소를 나타냈다(그림 2C).

한편 온열적용 유무에 따른 메타네프린(Me)과 노르

메타네프린(NorMe)의 경우, 남성과 여성 모두에서 온열을 적용하지 않은 대조군(Me-남성;  $108.5 \pm 11.9 \mu\text{g/day}$ , Me-여성;  $90.7 \pm 8.0 \mu\text{g/day}$ , NorMe-남성;  $133.7 \pm 12.9 \mu\text{g/day}$ , NorMe-여성;  $149.0 \pm 18.5 \mu\text{g/day}$ )과 온열침수(Me-남성;  $113.9 \pm 9.6 \mu\text{g/day}$ , Me-여성;  $113.9 \pm 9.6 \mu\text{g/day}$ , NorMe-남성;  $128.9 \pm 17.7 \mu\text{g/day}$ , NorMe-여성;  $141.1 \pm 13.8 \mu\text{g/day}$ )와 적외선(Me-남성;  $115.2 \pm 11.9 \mu\text{g/day}$ , Me-여성;  $85.1 \pm 8.5 \mu\text{g/day}$ , NorMe-남성;  $132.7 \pm 11.0 \mu\text{g/day}$ , NorMe-여성;  $139.6 \pm 16.1 \mu\text{g/day}$ )을 적용한 실험군 사이에서 별다른 차이를 나타내지 않았다(그림 3A, 3B, 4A, 4B). 또한 남성과 여성의 구별 없이 온열적용의 유무에 대한 결과분석 역시 대조군(Me;  $99.6 \pm 7.2 \mu\text{g/day}$ , NorMe;  $141.3 \pm 11.2 \mu\text{g/day}$ )에 비해 온열침수(Me;  $100.8 \pm 6.0 \mu\text{g/day}$ , NorMe;  $135.0 \pm 11.1 \mu\text{g/day}$ )와 적외선(Me;  $100.2 \pm 7.7 \mu\text{g/day}$ , NorMe;  $136.1 \pm 9.6 \mu\text{g/day}$ ) 적용군 모두에서 별다른 차이를 나타내지 않았다(그림 3C, 4C).

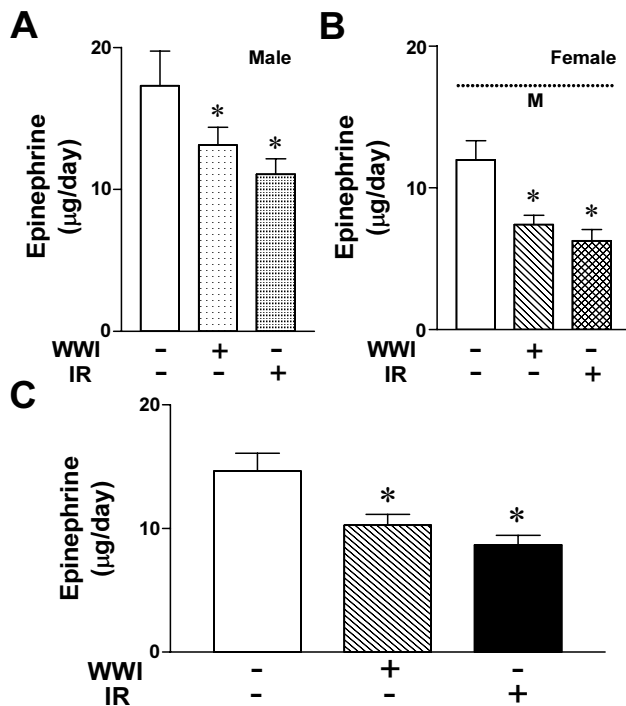


그림 1. 온열침수와 적외선이 에피네프린의 변화에 미치는 효과.  
WWI; warm water immersion, IR; infrared, M; male.  
\*  $p < 0.05$

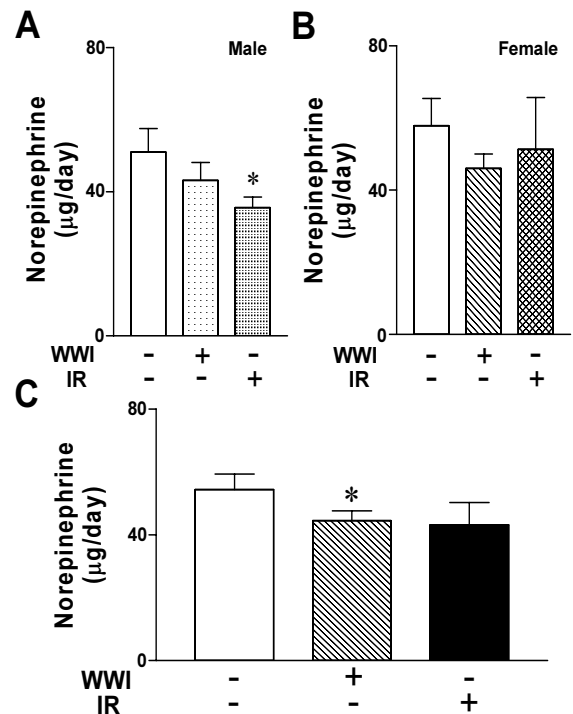


그림 2. 온열침수와 적외선이 노르에피네프린의 변화에 미치는 효과.  
WWI; warm water immersion, IR; infrared.  
\*  $p < 0.05$

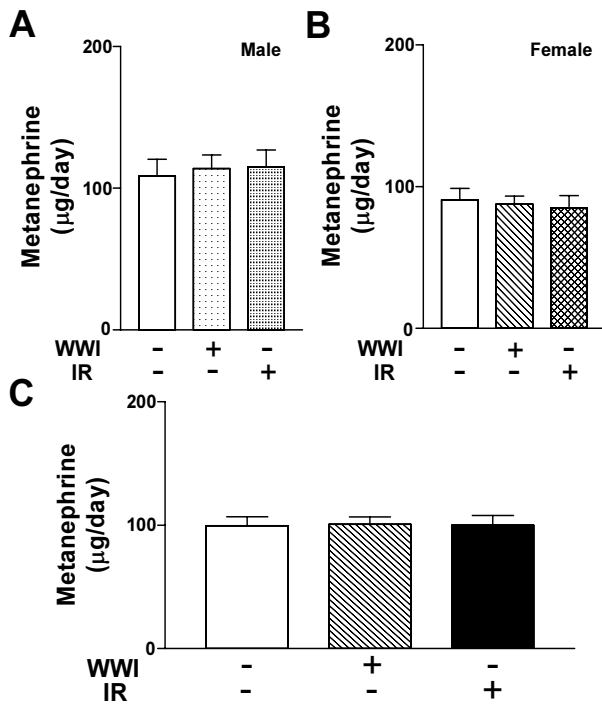


그림 3. 온열침수와 적외선이 메타네프린의 변화에 미치는 효과.  
WWI; warm water immersion, IR; infrared.  
\* p < .05

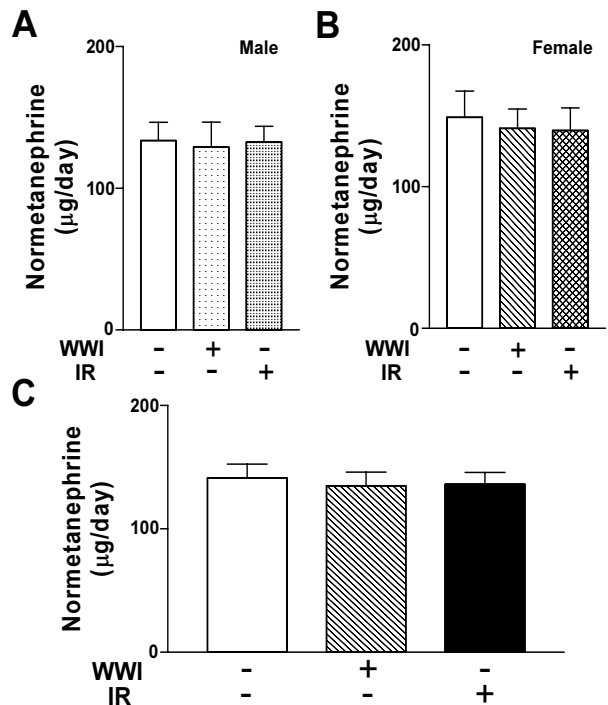


그림 4. 온열침수와 적외선이 노르메타네프린의 변화에 미치는 효과.  
WWI; warm water immersion, IR; infrared.  
\* p < .05

## 2. 온열적용 유무와 성별에 따른 도파민과 호모바닐산의 변동

온열적용의 유무 및 성별에 따른 24시간 소변 도파민(dopamine)과 호모바닐산(Homovanilic Acid, HVA)의 수치 변동은 다음과 같았다.

온열적용의 유무에 따른 도파민 변동의 경우, 남성과 여성 모두에서 온열을 적용하지 않은 대조군(남성; 396.9±45.2µg/day, 여성; 345.2±43.8µg/day)에 비해 온열침수(남성; 347.9±30.5µg/day, 여성; 325.2±31.5µg/day)와 적외선(남성; 341.3±23.9µg/day, 여성; 300.9±22.6µg/day)을 적용한 실험군 모두에서 별다른 차이를 나타내지 않았다(그림 5 A, B). 또한 남성과 여성의 구별 없이 온열적용 유무에 대한 결과분석 역시 대조군(371.1±31.3µg/day)에 비해 온열침수(336.9±21.6µg/day)와 적외선(321.8±16.6µg/day) 적용군 모두에서 유의한 차이를 나타내지 않았다(그림 5C).

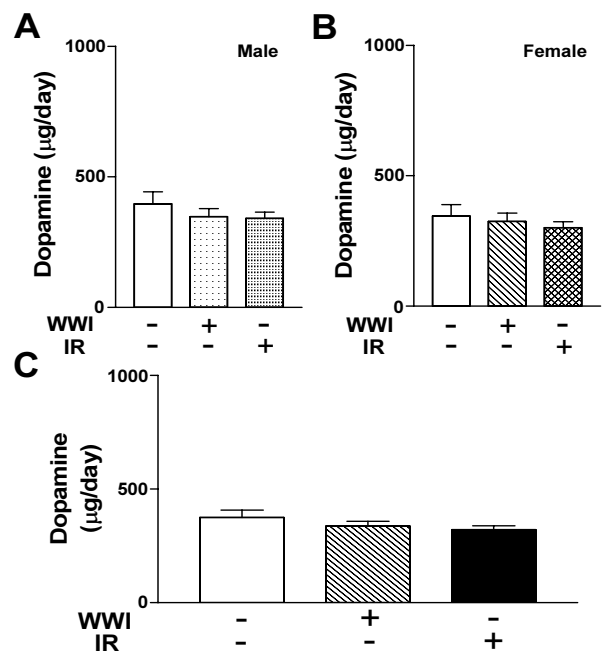


그림 5. 온열침수와 적외선이 도파민의 변화에 미치는 효과.  
WWI; warm water immersion, IR; infrared.  
\* p < .05

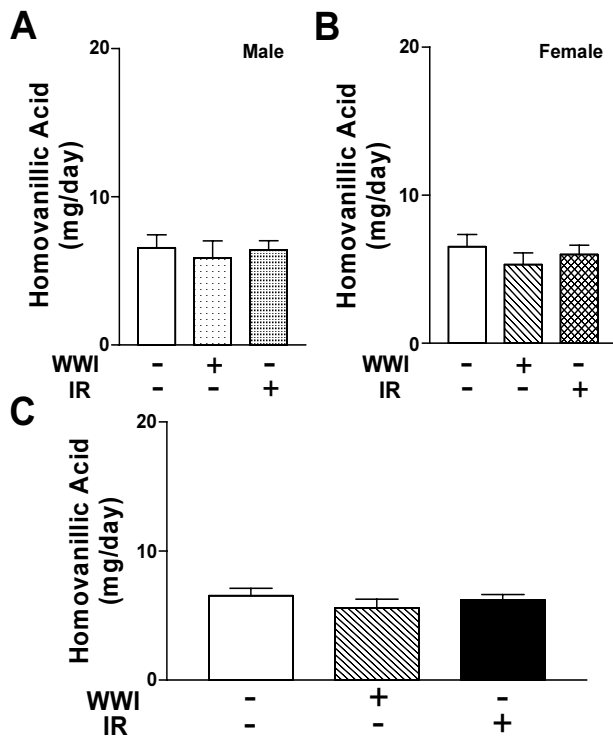


그림 6. 온열침수와 적외선이 호모바닐산의 변화에 미치는 효과.  
 WWI; warm water immersion, IR; infrared.  
 \* p < .05

한편 온열적용의 유무에 따른 호모바닐산 변동의 경우, 남성과 여성 모두에서 온열을 적용하지 않은 대조군(남성; 6.6±0.9mg/day, 여성; 6.5±0.8mg/day)에 비해 온열침수(남성; 5.9±1.1mg/day, 여성; 5.3±0.8mg/day)와 적외선(남성; 6.4±0.6mg/day, 여성; 6.0±0.6mg/day)을 적용한 실험군 모두에서 별다른 유의한 차이를 나타내지 않았다(그림 6 A, B). 또한 남성과 여성의 구별 없이 온열적용 유무에 대한 결과분석 역시 대조군(6.5±0.6mg/day)에 비해 온열침수(5.6±0.7mg/day)와 적외선(6.2±0.4mg/day) 적용군 모두에서 대조군에 비해 유의한 차이를 나타내지 않았다(그림 6C).

## V. 고찰

교감신경계는 척수의 흉요절(thoracolumbar segment)에서 나오며 척수의 측각에서 연접(synapse)을

일으키고 여기에서 시작하는 중개신경원(interneuron)이 절전섬유(preganglion fiber)에 해당되는데 이 절전섬유는 부신수질(adrenal medulla)에서 절후섬유(postganglion fiber)에 연결된다. 교감신경계는 심근, 혈관의 평활근, 장관의 근육들의 활동성을 증가시키고 기타 장관의 평활근, 기관지 근육들은 이완시킨다. 부신수질은 일종의 교감신경절로서 절전섬유를 통하여 자극이 도달하면 분비물은 직접 혈행으로 이동된다. 부신수질에서는 카테콜아민(catecholamine)이 분비되는데 카테콜아민은 노르에피네프린(norepinephrine), 에피네프린(epinephrine)과 더불어 도파민(dopamine)을 지칭한다. 카테콜아민은 거의 모든 조직에 영향을 미치고 여러 가지 기능에 관여하는데 일반적으로 심혈관기능은 심박출량과 혈류의 조절, 내장기능은 영양에 관여하며, 대사기능은 저장소로부터 여유에너지의 이동, 산소 섭취량의 조절, 그리고 세포외액을 일정하게 유지한다.

또한 간에서 글리코겐(glycogen)분해를 촉진시키고, 지방조직에서 유리지방산(FFA)생성을 촉진하며 순환혈액중의 카테콜아민은 대사작용에 큰 역할을 한다(강두희, 1998). 조직에서 카테콜아민은 주로 교감신경뉴런, 부신수질, 중추신경계에 국한되어 있다. 중추신경과 부신을 제외하면 거의 모든 노르에피네프린이 교감신경 말단에 분포하기 때문에 특정조직에서의 노르에피네프린의 농도는 교감신경 활성을 평가하는 유용한 방법이 될 수 있다(민현기 외, 1999).

카테콜아민 중 노르에피네프린 신경계의 세포체는 미측중뇌(caudal midbrain), 교(pons), 연수(medulla oblangata)에 주로 위치하며, 흥분이나 각성의 기본수준을 결정하는 기능을 담당하기도 하고 학습에서 중요한 조절 역할을 한다(김정진, 1987). 에피네프린은 주로 연수(medulla oblangata), 시상하부(hypothalamus)에서 기초대사와 체온 및 혈압조절 등에 관여하는 교감신경 자극호르몬을 분비하게 되는데, 스트레스로 인해 과잉 분비되면 혈압상승, 발한과다, 및 위장관의 운동성감소를 일으킨다. 도파민은 대뇌기저핵에 많이 분포하며, 시상하부에서 뇌하수체, 기저핵, 대뇌 전두피질, 중격, 변연계 피질의 일부인 후내피질 세부분의

도파민계로 투사되는데, 뇌를 경색시키고, 운동조절에 관여하며, 과부족은 무도병과 파킨슨 증후군을 유발시키며, 정신기능과 관계가 있어 정신분열증에서 이상방출을 보인다(민헌기 외, 1999; 양병환, 1985; 이우주, 1993). 특히, 노르에피네프린과 에피네프린과 같은 카테콜아민의 고활성 및 유리의 증가는 심혈관질환의 유발 및 악화에 매우 중요한 역할을 담당하는 것으로 알려져 있다(Nunes와 Guimaraes, 2000; Biaggioni, 2003; Luo 등, 2004).

또한 통각과민 혹은 염증성 통증의 유발 및 악화과정에서 카테콜아민의 활성 증가 및 유리가 관여함이 보고되어 그 중요성이 대두되고 있다(Ramer 등, 1997; Abbadie와 Basbaum, 1998). 이러한 카테콜아민 중에서도 에피네프린과 노르에피네프린은 유리되는데 소요되는 시간의 차이가 존재함에도 불구하고, 유해자극으로 혈액 및 소변 중으로 유리 및 활성이 증가되는 아민으로서 교감신경의 활성을 나타내는 지표가 된다(Sakai 등, 1991).

인체 연구의 결과, 족부-적용 온열침수와 적외선 적용군 모두에서 24시간 소변 에피네프린과 노르에피네프린이 유의한 수준으로 감소함을 관찰할 수 있었다. 그러나 그 대사물질인 메타네프린과 노르메타네프린의 변동에는 별다른 영향을 나타내지 않았다. 또한 도파민과 그 대사물질의 변동에도 온열적용은 별다른 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다. 이러한 본 연구의 결과는 인체를 대상으로 경부 혹은 검상돌기까지 침수시켜 실시한 전신-적용 온열침수(본 연구와 유사한 수온)가 혈중 노르에피네프린을 유의한 수준으로 감소시켰다는 보고와 일치하는 경향을 나타냈다(Gabrielsen 등, 2000; Pump 등, 2001; Shiraishi 등, 2002). 그러나 80℃ 이상의 고온 사우나(sauna) 적용의 연구결과는 오히려 혈중 및 24시간 소변의 에피네프린과 노르에피네프린의 유리가 증가하는 것으로 보고하고 있어 본 연구의 결과와 대조를 이루었다(Jezova 등, 1994).

또한 온열적용의 결과는 아니지만 흰쥐에 통증을 유발시킨 후 합곡에 적용한 저빈도 주파수의 전기침 요법(electroacupuncture)이 증가되었던 노르에피네프

린과 코르티코스테론을 현저히 감소하였다고 보고한 결과(Han 등, 1999)와 임신부를 대상으로 적용한 마사지가 요통의 경감과 함께 소변 노르에피네프린을 감소시켰다는 보고(Field 등, 1999)와 밀접한 연관성이 있었다. 또한 토끼의 좌골신경에 적용한 전기침 자극으로 노르에피네프린의 수준이 감소하였다는 보고(Chu와 Potter, 2002)와 고정스트레스(immobilization stress)를 흰쥐에 적용하여 혈압을 상승시킨 후, 경혈인 소해와 내관에 전기침 자극을 적용하여 유도된 혈중 에피네프린 및 노르에피네프린의 수준을 감소시켰다는 연구보고(Yang 등, 2002)는 본 실험연구의 결과로 나타난 에피네프린과 노르에피네프린의 감소가 항교감성 효과를 나타냄을 뒷받침해 준다.

그러나 본 연구조사에서 나타난 결과는 한정된 연령층과 환자가 아닌 정상인을 대상으로 수행하였다는 것과 온열적용의 부위가 족부로 한정됨으로써 온열에 대한 전신적인 영향을 분석하지 못하였다는 것이 본 연구의 제한점이라 사료된다.

## VI. 결 론

본 연구에서 온열침수(warm water immersion, WWI)와 적외선(infrared)을 인체에 적용한 결과 24시간 소변의 에피네프린과 노르에피네프린이 유의한 수준으로 억제됨을 확인할 수 있었다. 그러나 그 대사물질인 메타네프린과 노르메타네프린의 변동에는 별다른 영향을 미치지 못하였다. 또한 도파민과 그 대사물질 역시 온열침수와 적외선의 적용으로 별다른 변동을 나타내지 못하였다.

따라서 온열침수와 적외선의 적용으로 나타난 교감신경활성 물질의 변동은 그 결과가 부분적 내용을 지지함에도 불구하고, 항교감효과가 다소 존재하는 것으로 사료되며 본 연구결과를 근거로 향후, 보다 체계적이고 심도 있는 연구측정 및 분석이 이루어질 경우 통증 및 온열전문물리치료 영역의 발전에 보탬이 될 것으로 사료된다.



## 참고문헌

- 강두희. 생리학. 신광출판사, 1998.
- 김정진. 생리학. 고문사, 225-231, 1987.
- 민현기 외. 내분비학. 대한 내분비학회 편, 고려의학, 532-544, 1999.
- 양병환. 스트레스와 정신신경 내분비학. 정신건강연구, 3; 81-89, 1985.
- 이숙희, 강준환, 이상빈, 안호정, 김무기, 김순희, 김중환. 알도스테론 동족체-유도 노인성질환-연관 고혈압의 유해와 노인에 적용한 은침점전기자극의 알도스테론 억제-심혈관질환전문물리치료 연구를 위한 기초물리치료학적 접근을 중심으로-. 대한물리치료사학회지, 13(2); 67-83, 2006.
- 이우주. 약리학. 정민사, 274-275, 1993.
- Abbadie C, Basbaum AI. The contribution of capsaicin-sensitive afferents to the dorsal root ganglion sprouting of sympathetic axons after peripheral nerve injury in the rat. *Neurosci. Lett.* 253(3); 143-146, 1998.
- Ahlers O, Hildebrandt B, Dieing A, Deja M, Bohnke T, Wust P, Riess H, Gerlach H, Kerner T. Stress induced changes in lymphocyte subpopulations and associated cytokines during whole body hyperthermia of 41.8-42.2°C. *Eur. J. Appl. Physiol.* 95(4); 298-306, 2005.
- Biaggioni I. Sympathetic control of the circulation in hypertension: lessons from autonomic disorders. *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens.* 12(2); 175-180, 2003.
- Chen Q, He Y, and Yang K. Gene therapy for Parkinson's disease: progress and challenges. *Curr. Gene Ther.* 5(1); 71-80, 2005.
- Chu TC, Potter DE. Ocular hypotension induced by electroacupuncture. *J. Ocul. Pharmacol. Ther.* 18(4); 293-305, 2002.
- Eisenhofer G, Kopin IJ, Goldstein DS. Catecholamine metabolism: a contemporary view with implications for physiology and medicine. *Pharmacol. Rev.* 56(3); 331-349, 2004.
- Elenkov IJ, Wilder RL, Chrousos GP, Vizi ES. The sympathetic nerve-an integrative interface between two supersystems: the brain and the immune system. *Pharmacol. Rev.* 52(4); 595-638, 2000
- Field T, Hernandez-Reif M, Hart S, Theakston, H., Schanberg, S., and Kuhn, C. Pregnant women benefit from massage therapy, *J. Psychosom. Obstet. Gynaecol.* 20(1); 31-38, 1999.
- Gabrielsen A, Videbaek R, Johansen LB, Warberg J, Christensen NJ, Pump B, Norsk P. Forearm vascular and neuroendocrine responses to graded water immersion in humans. *Acta Physiol. Scand.* 169(2); 87-94, 2000.
- Han SH, Yoon SH, Cho YW, Kim CJ, Min BI. Inhibitory effects of electroacupuncture on stress responses evoked by tooth-pulp stimulation in rats. *Physiol. Behav.* 66(2); 217-222, 1999.
- Jezova D, Kvetnansky R, Vigas M. Sex differences in endocrine response to hyperthermia in sauna. *Acta Physiol. Scand.* 150(3); 293-298 1994.
- Kim A, Bae YM, Kim J, Kim B, Ho WK, Earm YE, Cho SI. Direct block by bisindolylmaleimide of the voltage-dependent K<sup>+</sup> currents of rat mesenteric arterial smooth muscle. *Eur. J. Pharmacol.* 483(2-3); 117-126, 2004.
- Luo M, Fink GD, Lookingland KJ, Morris JA, Galligan JJ. Impaired function of  $\alpha$  2-adrenergic autoreceptors on sympathetic nerves associated with mesenteric arteries and veins in DOCA-salt hypertension. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 286(4); H1558-H1564, 2004.
- Nunes JP, Guimaraes S. Wall tension and contraction of the aorta in 6-month-old spontaneously hypertensive rats. *J. Auton. Pharmacol.* 20(4); 265-269, 2000.

- Oelmann T, Carson R, Shannon JR, Ketch T, Robertson D. Assessment of O-methylated catecholamine levels in plasma and urine for diagnosis of autonomic disorders. *Auton. Neurosci.* 116(1-2); 1-10, 2004.
- Ogawa N, Asanuma M, Miyazaki I, Diaz-Corrales FJ, Miyoshi K. L-DOPA treatment from the viewpoint of neuroprotection. Possible mechanism of specific and progressive dopaminergic neuronal death in Parkinson's disease. *J. Neurol.* 252 Suppl 4; IV23-IV31, 2005.
- Prieto M, Gomez FM, Teresa Giralt M. Effects of acute, repeated and chronic variable stress on in vivo tyrosine hydroxylase activity and on  $\alpha$  2-adrenoceptor sensitivity in the rat brain. *Stress.* 6(4); 281-287, 2003.
- Pump B, Shiraishi M, Gabrielsen A, Bie P, Christensen NJ, Norsk P. Cardiovascular effects of static carotid baroreceptor stimulation during water immersion in humans. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 280(6); H2607-H2615, 2001.
- Ramer MS, French GD, Bisby MA. Wallerian degeneration is required for both neuropathic pain and sympathetic sprouting into the DRG. *Pain.* 72(1-2); 71-78, 1997.
- Sakai Y, Inazu M, Aihara K, Inoue K, Homma I. Relations between contractile responses and  $\beta$ -adrenoceptors in gastric fundus of diabetic rats. *Life Sci.* 48(11); 1043-1049, 1991.
- Schiffrin EL. Endothelin and endothelin antagonists in hypertension. *J. Hypertens.* 16(12 Pt 2); 1891-1895, 1998.
- Shiraishi M, Schou M, Gybel M, Christensen NJ, Norsk P. Comparison of acute cardiovascular responses to water immersion and head-down tilt in humans. *J. Appl. Physiol.* 92(1); 264-268, 2002.
- Thwaites CL, Yen LM, Cordon SM, Binh NT, T N, Nga N, White NJ, Soni N, MacDonald IA, Farrar JJ. Urinary catecholamine excretion in tetanus. *Anaesthesia.* 61(4), 355-359, 2006.
- Vas J, Perea-Milla E, Mendez C. Acupuncture and moxibustion as an adjunctive treatment for osteoarthritis of the knee-a large case series. *Acupunct. Med.* 22(1); 23-28, 2004.
- Wu CL, Marsh A, Dworkin RH. The role of sympathetic nerve blocks in herpes zoster and postherpetic neuralgia. *Pain.* 87(2); 121-129, 2000.
- Yang CH, Lee BB, Jung HS, Shim I, Roh PU, Golden GT. Effect of electroacupuncture on response to immobilization stress. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 72(4); 847-855, 2002.
-