

쥐 실험을 통한 광노화 피부에 대한 원적외선 효과

예춘정¹, 이태종^{2*}

¹계명문화대학교 보건학부, ²대구파티마병원

Effects of Far Infrared Ray on Skin Photo-age in Rats

Chun-Jung Yea¹, Tae-Jong Lee^{2*}

¹Department of Public Health, Keimyung college, Daegu, Korea

²Department of Pathology, Daegu Fatima Hospital, Daegu, Korea

요약 본 논문은 원적외선의 피부 노화에 대한 개선 효과를 확인하기 위하여 UVB 조사된 쥐를 활용하여 원적외선의 피부 개선 효과를 연구하였다. 실험은 정상군, 대조군, 양성대조군, 실험군1, 실험군2로 조사 그룹을 구성하여 진행하였다. 원적외선 조사는 보미라이 원적외선 마스크를 1일 1회, 주 6일, 4주간 사용하였다. Mexameter를 이용한 멜라닌 지수 측정에서는 양성대조군과 원적외선 조사군은 대조군에 비해 유의하게 낮았고, 현미경 관찰에서 원적외선 조사군은 대조군에 비해 멜라닌생성 정도와 S-100 단백질 발현 정도가 현저하게 줄어들었음을 확인하였다. 이는 피부 조직학적으로 멜라닌 색소 층과 멜라닌 세포수가 감소하여 확연한 미백효과를 보였다. H&E 염색 결과 대조군의 표피에서 Lymphocyte, Monocyte의 증가와 진피 비후도가 두껍게 나타났으나, 양성대조군과 실험군의 관찰 결과 원적외선으로 피부 조직손상 회복도가 정상군에 가깝게 개선되었음을 알 수 있다. Trichrome 염색 결과 피부 조직의 콜라겐 섬유들이 규칙적으로 발달 되어 있고 피부 소엽 주변의 교원섬유가 청색으로 염색되어 정상군의 염색 정도와 가까워 실험군에서 교원섬유의 비후도가 많이 줄어들었음을 알 수 있다. 본 실험 근거로 원적외선은 광노화에 대한 피부 개선 효과가 있음을 알 수 있다.

Abstract This study was conducted to investigate the beneficial effects of far infrared on skin aging. Animals were divided into five groups, that is, normal (N), control (C), positive control (PC), experimental 1(E1), and experimental 2(E2) groups. Far infrared was applied daily using a BOMIRAI far infrared mask six times a week for four weeks. Melanin indices determined using a Mexameter were significantly lower in the PC and E1 groups than in the control group, and melanin production and S-100 protein expression were significantly lower in the E1 group than in the control group. H&E staining showed greater lymphocyte and monocyte numbers and dermal thicknesses in the C group than in the PC and E1 groups, and in the E2 group skin tissue damage recovered to almost that observed in the N group. Furthermore, trichrome staining showed that collagen fibers in skin tissues were regular and those around skin leaves were dyed blue in the E1 and E2 groups and similar to that observed in the N group. In addition, collagen fiber fibers levels were significantly lower in the E1 and E2 groups than in the C group. Our results suggest far-infrared rays have beneficial effects on photoaged skin.

Keywords : Photo-Aging, Far-Infrared, Skin Tissue, Melanin, Collagen.

*Corresponding Author : Tae-Jong Lee(Fatima. Hosp)

email: taejongok@hanmail.net

Received April 14, 2021

Accepted August 5, 2021

Revised June 7, 2021

Published August 31, 2021

1. 서론

인간의 피부는 몸에서 가장 외부에 있는 장벽으로 노화를 일으키는 수많은 환경 요인과 접촉하고 있다[1].

노화에는 나이를 먹고 세월이 흐르면서 자연적으로 나타나는 내인성 노화와 자외선 노출 등 외부 환경에 의한 광노화로 나뉜다[2,3]. 이러한 노화는 주름, 기미, 주근깨, 거친 피부, 피부색 저하 등으로 나타나게 된다. 이러한 피부 노화의 치료 재료인 hydroquinone(HQ), vit-amin C, kojic acid 등이 사용되고 있으나 원료 자체의 불안정성 이유로 사용이 제한적이기 때문에 노화에 대한 치료 및 방지를 위해 원적외선이 많이 사용 된다[3,5].

완전한 전자기 복사 스펙트럼에 관해서, 적외선 복사(IR) 대역은 700 nm ~ 1000 μm의 파장 범위, 430 THz ~ 300 GHz의 주파수 범위, 1.24 meV ~ 1.7 eV의 광자 에너지 범위를 포함한다[4,21]. 적외선은 가시광선의 긴 파장 적색 가장자리와 Mi,crowave의 짧은 파장 가장자리 사이에 위치한다[5] (Fig 1).

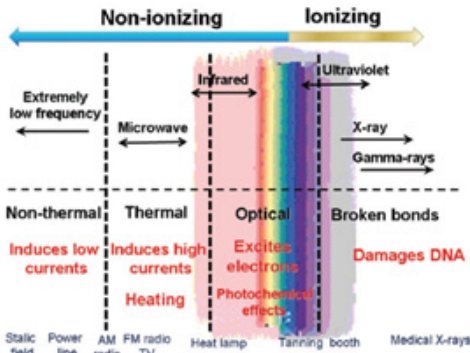


Fig. 1. The Spectrum of Electromagnetic Radiation and some Biological Changes it may induce.

국제조명위원회(CIE)의 분류에는 표 1에 제시된 바와 같이 IR 복사에 대한 3가지로 분류 한다.

Table 1. CIE classification of IR Radiation

Abbreviation	Wavelength(μm)	Frequency(THz)
Near infrared/IR-A	0.7~1.4	215~430
Middle infrared/IR-B	1.4~3	100~215
Far infrared/IR-C	3~1000	0.3~100

IR 방사선 대역에서 FIR만이 사람의 피부에서 열 수용체에 의해 복사열로 인식될 수 있는 열의 형태로 순수하게 에너지를 피부에 전달한다[6,7]. FIR은 인체에 흡수될 뿐만 아니라 흑체 방사선(흑체 방사선 3 ~ 50 μm, 출력 피크 9.4 μm)의 형태로 체내에서 배출된다[8,22]. FIR 적용은 생물학적 구조(세포, 세포막, 세포핵, 특히 물, DNA/단백질 포함)와 FIR 범위에서 전자기 방사선의 상호작용에 대한 영향을 받으며 피부 조직에 많은 영향이 미치게 된다[9,10]. 세포 수준에서, 살아있는 세포와 전자기 방사선의 상호작용에 의한 기초적인 피부 활성인자들의 생물학적 메커니즘은[5,23] 변형된 세포막 전위와 변형된 미토콘드리아 신진대사의 관점에서 세포들이 원적외선 조사로 인해 재생의 틀로 만들어질 수 있다 [11,12].

이에 본 실험에서는 brown guinea pig 에 반복적으로 UVB 조사와 Sq-OOH를 도포 하여 피부 노화를 인공적으로 유도 시킨 후 원적외선을 조사하여 피부 노화 억제와 개선에 대해 미치는 영향을 알아보기 위하여 피부의 조직학적 변화, 멜라닌 색소관찰, 교원섬유 및 면역학적 관찰을 통해 원적외선이 피부에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 원적외선 시료 조사

Brown guinea pig는 원적외선 방사율 92%, 방출은 파장 3 ~ 20 μm로 최대 피크 8 ~ 12 μm인 원적외선 조사 장비(BOMIRAI FIR Infrared Mask, 진영 R&S, Deagu, Republic Korea)로 하루 25분간 노출 시켰다. 원적외선 조사는 1일 1회, 주 6일, 4주간 매회 특정 시간대에 Brown guinea pig을 에테르로 35분간 수면 마취한 후 조사하였다.

2.2 피부 조직의 손상 모델 제작

피부 조직의 손상 모델 제작에 사용하는 UVB irradiation 자외선의 투여량은 본 실험 개시 전 brown guinea pig 30마리를 대상으로 실험을 하여 자외선 선량을 조사하였다. 조사용량은 자외선에 의한 인공 색소반의 제작은 Hideyoshi의[3] 방법으로 수행하였다. brown guinea pig 등 부위를 animal clipper를 이용하여 털을 깎고 면도기로 깨끗이 면도한 후 염산 케타민

(100 mg/kg, BW)으로 마취한 다음, 302nm 파장의 UVB를 방출하는 sunlamp로 실험동물 등 부위 피부에 120 mJ/cm²의 광량을 격일 간격으로 주 2회, 4주간 조사하였다. 피부 노화와 주름 형성을 촉진하기 위하여 Sq-OOH를 1일 1회, 주 6일, 4주간 매회 100 μl씩 등 부위에 도포 하여 사람의 피부 노화와 유사한 주름을 형성하였다.

실험동물은 정상군(N), 대조군(C), 양성대조군(PC), 실험군(E1, E2) 5개 군으로 나누어 군마다 brown guinea Pig 6마리씩을 임의로 배치하여 본 실험에서는 총 30마리를 사용하였다.

N(Normal N): non-treated group

C(Control, C): UVB irradiation + non-treated group

PC(Positive Control, PC): UVB irradiation + 2% hydroquinone application group

E1(Experimental 1): UVB irradiation + bomirai irradiation high 25 min application group.

E2(Experimental 2): UVB irradiation + moisturizer extract + bomirai irradiation high 25min application group.

2.3 멜라닌 색소관찰

UVB 조사에 의해 유발된 인공 색소반에 용매 물질을 도포 하는 실험군의 시점은 색소침착 안정화를 위해 마지막 자외선을 조사한 7일 후부터 실험군(E2)에 NIASIN 에센스 도포를, 양성대조군은 2% 하이드로퀴논을 1일 1회, 주 5일, 매회 30μl(0.53 mg/cm²)씩 micro pipette을 이용하여 4주간 도포 하였다. 대조군은 아무것도 도포 하지 않았다.

시료 도포 후 4주 동안 실험동물 피부의 색소 침착 상태를 비교 평가하기 위하여 대조군과 양성대조군 도포 부위와 실험군 도포 부위에 대해 조직학적으로 처리 후 실험하여 군별 상대적인 색소의 침착 정도를 비교 분석하였고, Fontana-Masson 염색 후 피부 표면의 색소 침착 정도를 Olympus BX51 light microscope(Olympus, Japan), ProgRes C14 plus digital camera system(Olympus, Japan)을 사용하였다.

Mexameter를 사용하여 비침습적 방법으로 시료도포 전과 후의 색소침착 변화를 1주일 1회씩 인공 색소반 부위에 대해 객관적인 자료의 신빙성을 높이기 위하여 3회 반복 측정하여 평균값을 구하여 색소침착 정도의 수치를 객관적으로 % 화하여 비교 분석하였다.

2.4 조직학적 변화관찰

피부 조직의 광학 현미경적 변화를 관찰하기 위해 통상적인 조직처리 과정을 수행하였다. 적출된 피부 조직을 10% 중성 포르말린 용액에 12시간 고정하고 흐르는 물에 수세 한 다음, 탈수과정의 저 에탄올 농도에서 고 에탄올 % 농도로 하여(에탄올 70%, 80%, 95%, 100%), xylene으로 투명과정, 파라핀으로 침투과정을 거쳐서 포매 처리를 하고 microtome을 이용하여 4μm 두께의 박절 편을 제작하여 탈 파라핀 함수 후 일반염색으로 Hematoxylin and eosin(H&E)염색 하였다.

2.4.1 교원섬유 변화관찰

4μm 두께의 박절 편을 제작하여 탈 파라핀, 함수, 증류수에 수세 한 후 Masson(1929) 방법에 따라 Bouin 용액에 옮겨 56℃ 1시간 매염 처리한 후 흐르는 물에 수세 하고 Weigert iron hematoxylin 용액에 10분간 염색 한 후 수돗물에 10분간 수세 하였다. Biebrich scarlet-acid fuchsin 용액에 5분간 염색 후 증류수에 1차, 2차 순으로 수세를 하였다. Phosphomolybdic-phosphotungstic acid 용액으로 15분간 분별 염색 후 Aniline blue 용액에 5분간 염색하였다. 0.5% glacial acetic acid용액에 3분간 감별 후 탈수, 청명 과정을 거친 후 Canada balsam으로 봉입 후, 광학현미경 검경 하여 진피층 내 교원질의 양과 형태를 관찰하였다.

2.4.2 염증 변화관찰

4μm 두께의 박절 편을 제작하여 탈 파라핀, 함수, 증류수에 수세 하고 McManus(1948) 방법에 따라 0.5% Toluidin blue 수용액에 5분간 산화시킨 후 증류수에 행군 다음 Schiff reagent용액에 30분간 염색하였다. 수돗물에 연분홍색이 나타날 때까지 10분간 2회 수세 하였다. hematoxylin 용액에 대조염색 후 흐르는 물에 수세 과정을 거친 다음 탈수, 청명 과정을 거친 후 수용성 봉입제인 글리세린 젤로 봉입, 광학현미경으로 검경 하여 진피층과 피하층 내 염증의 mast cell의 수와 탈과립 정도를 관찰하였다.

2.5 면역조직화학적 관찰

피부 조직의 면역조직화학적 변화를 관찰하기 위해 적출된 피부 조직을 10% 중성 포르말린 용액에 12시간 고정하고 흐르는 물에 수세한 다음, 에탄올로 탈수, xylene으로 투명, 파라핀 침투과정을 거쳐 포매 하고 microtome을

이용하여 4 μ m 두께의 박절 편을 제작하여 coating slide에 부착, 탈 파라핀 함수 후 BenchMark XT automated immunostainer(Ventana Medical Systems, USA)를 사용하여 염색하였다. 자동화 과정은 reaction buffer로 3분간 세척 그 후 3% H₂O₂에 3분간 담구어 peroxidase의 활성을 억제 시킨 후 일차 항체 Smooth muscle actin(SMA, Dako, Japan)를 1:100으로 희석하여 반응시킨 후 reaction buffer로 세척한 다음 biotin에 20분간 반응 후, streptavidin에 25분간 반응 시키고 DAB(Ventana Detection kit, USA)에 발색 후 대조염색, 봉입 후 광학현미경으로 관찰하였다.

절취 한 피부 조직을 10% 중성 포르말린 용액에 12시간 고정하고 흐르는 물에 수세를 한 다음 탈수, 투명, 침투과정을 거쳐 포매 하고 microtome을 이용하여 4 μ m 두께의 절편을 제작하여 coating slide에 부착하고 탈 파라핀 과정을 거쳐 함수 후 BenchMark XT automated immunostainer(Ventana Medical Systems, USA)를 사용하여 염색하였다. 자동화 과정은 reaction buffer로 3분간 세척 하고 3% H₂O₂에 3분간 담구어 peroxidase의 활성을 억제 후 일차 항체 S-100을 1:100으로 희석하여 반응시키고 reaction buffer로 세척 하였다. 이후 biotin과 streptavidin에 각각 25분 반응시키고 DAB(Ventana Detection kit, USA)에 발색 후 Hematoxylin으로 대조염색, 봉입 하여 광학현미경으로 관찰한 다음 영상분석 소프트웨어(image analysis)를 이용하여 멜라닌 세포내 S-100 단백질 발현 정도를 수치화하여 분석하였다.

2.6 통계분석

통계적 분석은 SPSS 22.0 for windows(SPSS Inc., USA)를 이용하여 정상군, 대조군, 양성대조군, 원적외선 조사군(실험군E1, E2) 간의 차이를 비교하기 위하여 정성, 정량 및 일원 배치분산분석(one-way ANOVA)으로 검증하였다. 각 그룹 간의 차이를 검증하기 위하여 Duncan's multiple range test(a, b, c, d)를 이용하여 사후 검증 분석을 하였으며, 통계학적인 유의성 검증은 $\alpha=0.05$ 에서 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 조직학적 변화관찰

피부 손상, 염증, 표피와 진피 변화 등을 알아보기 위

해 수행한 H&E 염색결과는 Fig. 2과 같다. 200배로 촬영 후 400배 확대경 조직의 정상군에서는 표피의 비후도가 경미 하게 나타 나는 반면 대조군에서는 표피를 지나 진피 조직을 중심으로 미세한 국소적 공포와 괴사를 보였는데 표피 쪽 괴사와 진피 쪽 세포 파괴가 현저히 나타나며 세포사 한 피부세포는 fibrin으로 형태를 유지하고 염증세포의 반응과 지방변성이 현저히 관찰되었다. 양성 대조군에서는 피부 세포들이 표피 정맥을 중심으로 손상 없이 규칙적인 배열의 피부구조가 정상군 구조에 가까웠으며, 원적외선 조사한 실험군(E1, E2)에서는 대조군에 비해 표피의 비후 정도나 두꺼운 층은 보이지 않았으며 표피주위의 손상 정도는 경미 하여 정상구조에 가까웠으며 양성대조군과의 비교에서도 별다른 손상 징후를 관찰할 수 없었다. 위의 결과로 볼 때 원적외선 조사군이 피부재생 과정에서 독성을 감소시켜 세포의 회복에 효과가 있음을 확인하였고 실험군 E1, E2 군의 손상이 대조군에 비하여 현저하게 줄어들었음을 본 실험에서 관찰하였다.

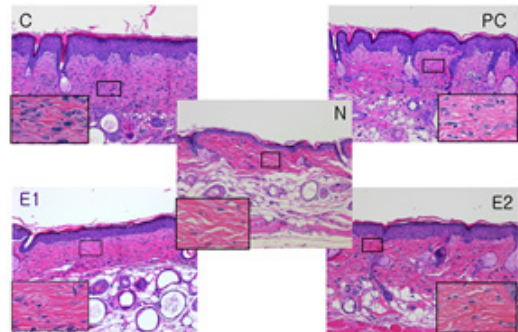


Fig. 2. Histological Observation on SHR-1 Brown Guinea Pig after 4 weeks skin aging inhibition effect experiment, H&E stain,

X200. X400(magnifier).

N(Normal N): non-treated group

C(Control, C): UVB irradiation + non-treated group

PC(Positive Control, PC): UVB irradiation + 2%hydroquinone application group

E1(Experimental 1): UVB irradiation + bomirai irradiati on high 25 min application group.

E2(Experimental 2): UVB irradiation + moisturizer extract + bomirai irradiation high 25 min application group.

3.2 교원섬유 변화관찰

피부 조직의 교원섬유의 분포도를 보기 위한 실험에서 염색결과는 Fig. 3와 같다. 정상군에 비해 대조군에서 표피 주변의 미세한 괴사가 있고 교원섬유가 불규칙적으로 강한 청색으로 관찰되었고 피부 정맥과 소엽 주변에 교원섬유가 청색으로 염색된 부분들이 Ke[13] 등의 연구와

도 일치하여 선명하게 관찰되었고 교원섬유가 두꺼워지면서 손상되었다는 것을 알 수 있다. 양성대조군에서는 피부 조직 정맥을 중심으로 미세한 청색으로 염색되어 대조군에 비해 교원섬유의 손상이 회복되었음을 확인할 수 있었으며, 정상군에서는 중심 정맥과 피부 부위 부분이 청색으로 염색된 부분이 규칙적으로 관찰되었다. 실험군(E1, E2)에서는 피부조직의 교원섬유 들이 규칙적으로 미세하게 염색되어 있음과 피부 소엽 주변의 교원섬유가 청색으로 규칙적으로 염색되어 정상군의 염색 정도와 가까우며 대조군에 비하여 실험군에서 교원섬유의 비후도가 많이 줄어들었음을 알 수 있다. 이는 선행 연구의 Nelson[14]에서 교원섬유가 재생되었다는 결과와도 일치하며 Sheppard[15]의 결과와도 유사하였다.

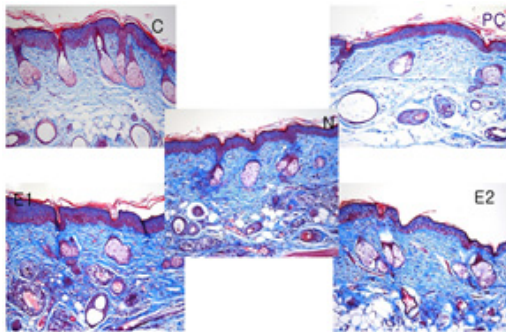


Fig. 3. Histological observation on SHR-1 brown guinea pig skin after 4 weeks-skin aging inhibition effect experiment. Masson's Trichrome stain, X200

N(Normal N): non-treated group
 C(Control, C): UVB irradiation + non-treated group
 PC(Positive Control, PC): UVB irradiation + 2%hydroquinone application group
 E1(Experimental 1): UVB irradiation + bomirai irradiation on high 25 min application group.
 E2(Experimental 2): UVB irradiation + moisturizer extract + bomirai irradiation high 25 min application group.

3.3 염증 변화관찰

염증 변화관찰 결과는 Fig. 4와 같다. 200배로 촬영 후 400배 확대경 조직의 양성대조군과 정상군에서 교원섬유와 탄력섬유 조직 속의 중심 혈관과 표피 주변에 연한 적색으로 염색된 Mast cell의 염증 인자 부분들이 큰 변화가 관찰되지 않았다. 대조군에서는 중심 혈관과 표피 주변에 괴사와 Mast cell의 염증 인자 부분들의 변화가 있어 양성물질이 짙은 Mast cell이 적색으로 많이 관찰되었다. 실험군에서는 중심 정맥과 표피, 진피 주변이 적색으로 염색 되어진 부분이 미세하게 부분적으로 관찰되었다. 실험군(E2)에서는 중심 정맥과 소엽 주변이 연한

적색으로 염색되어 양성대조군의 염색 정도와 비교하여도 큰 변화가 없을 정도로 염증 인자가 줄어들었음을 확인하였다.

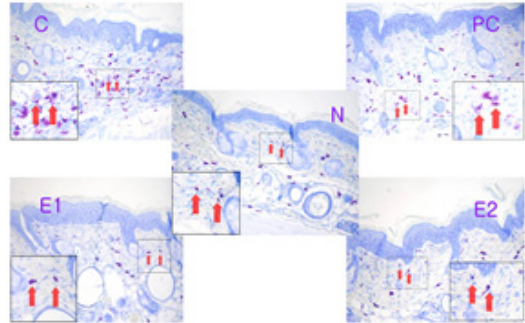


Fig. 4. Histological observation on SHR-1 brown guinea pig skin after 4 weeks-skin aging inhibition effect experiment. Toluidine Blue stain, X200. X400(magnifier).

N(Normal N): non-treated group
 C(Control, C): UVB irradiation + non-treated group
 PC(Positive Control, PC): UVB irradiation + 2%hydroquinone application group
 E1(Experimental 1): UVB irradiation + bomirai irradiation on high 25 min application group.
 E2(Experimental 2): UVB irradiation + moisturizer extract + bomirai irradiation high 25 min application group.

3.4 멜라닌 색소관찰

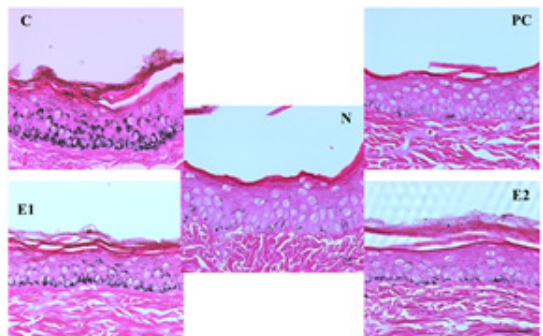


Fig. 5. Histological observation on depigmenting effect in brown guinea pig skin treated with Far-infrared(FIR) for 4 weeks. F-M stain, X200.

N(Normal N): non-treated group
 C(Control, C): UVB irradiation + non-treated group
 PC(Positive Control, PC): UVB irradiation + 2%hydroquinone application group
 E1(Experimental 1): UVB irradiation + bomirai irradiation on high 25 min application group.
 E2(Experimental 2): UVB irradiation + moisturizer extract + bomirai irradiation high 25 min application group.

UVB 조사로 의해 유발된 brown guinea pig의 표피 내의 멜라닌 색소침착 정도와 분포양상을 알아보기 위해 Fontana-Massons 염색을 하여 현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 5과 같다. 실험 4주에 대조군은 멜라닌 과립의 생성 및 분포 정도가 정상군(자외선 비 조사군)에 비해 많은 증가 하였고, 진피에서 각질층으로 조직 속의 멜라닌 과립이 기저층(stratum basale)에서 각질층까지 골고루 높게 분포되어 나타났다.

실험군의 경우 대조군에 비하여 통계적으로 멜라닌 색소 침착량이 현저하게 낮았다.

각질층의 멜라닌 과립 분포도는 양성대조군과 비슷하게 관찰되었는데, 이는 양성대조군과 원적외선조사 실험군이 tyrosinase의 활성화와 melanosome 합성을 억제 하는데 영향이 미쳤을 것으로 판단되며 선행 연구의 Baletto[16], Hsu[17]의 원적외선 조사실험과 비교 시에 약간의 차이점이 보여 추가적인 실험을 해보면 정확한 결론을 도출할 수가 있을 것으로 사료 된다.

표피 내 멜라닌 색소침착 정도를 영상분석을 통해 나타난 결과는 Table 2와 같다. 대조군은 양성대조군에 비

하여 유의하게 높은 수치를 보임으로써(p<0.05). 선행 연구의 Hsu[17], Yoshida[18] 보다 개선 효과가 미치지 는 못하였으나 UVB가 멜라닌 색소생성에 영향이 있음을 확인할 수 있었고, 양성대조군과 실험군 E1, E2의 원적외선을 조사한 군이 각각 9.3, 7.1%로 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 수치를 나타냈다(p<0.05).

이를 볼 때 조직학적 비교에서도 원적외선을 조사한 군이 피부미용의 개선 효과가 있는 것으로 판단되며 본 실험으로 볼 때 피부의 미백 효과를 확인 할 수 있었다.

3.6 면역조직화학적 관찰

단백질 발현 정도를 통하여 멜라닌세포의 생성 정도와 분포형태를 간접적으로 관찰 결과 Table 3과 같다. 대조군은 양성대조군에 비하여 멜라닌세포와 많은양의 단백질이 증가하여 주로 기저층에 밀착되어 나타났고, 멜라닌 색소가 그 주변에 많이 합성되어 강하게 염색되었음이 관찰되었다. 양성대조군과 원적외선 조사한 군은 대조군에 비하여 멜라닌 단백질의 발현 정도는 통계적으로 유의성 있게 본 실험에서 감소하였으나 선행실험의

Table 2. Comparison of melanin pigmentation in brown guinea pig skin epidermis treated with compounds topically for 4 weeks.

Area	Groups				
	N	C	PC	E1	E2
Total(μm ²)	8045.1±3197.4	8262.2±1752.2	7942.7±2178.0	8782.0±1544.4	8048.6±1633.6
Melanin	203.1±56.1	1532.5±432.6	269.0±74.0	841.1±148.5	560.1±132.0
% of melanin pigment	2.3±0.4 ^a	17.1±2.1 ^e	3.4±0.6 ^a	9.3±0.4 ^c	7.1±0.2 ^b

Values are the means±SD of 5 samples.

N(Normal N): non-treated group

C(Control, C): UVB irradiation + non-treated group

PC(Positive Control, PC): UVB irradiation + 2% hydroquinone application group

E1(Experimental 1): UVB irradiation + bomirai irradiation high 25 min application group.

E2(Experimental 2): UVB irradiation + moisturizer extract + bomirai irradiation high 25 min application group.

Values with different superscripts in the same row are significantly different (p<0.05) by ANOVA and Duncan's multiple range test.

Table 3. Comparison of S-100 protein expression in brown guinea pigskin edidermis treated with compounds topically for 4 weeks.

Area	Normal	Control		Experimental
	N	C	PC	E1, E2
Total(μm ²)	6324.8±196.2	7387.8±320.1	7313.9±235.3	7264.9±222.4
S-100 protein(μm ²)	233.2±24.3	862.1±62.9	211.7±51.3	438.3±30.8
% of S-100 protein	1.7±0.5 ^a	11.2±1.2 ^c	4.0±0.6 ^a	4.3±0.5 ^b

Values are the means±SD of 5 samples.

N(Normal N): non-treated group

C(Control, C): UVB irradiation + non-treated group

PC(Positive Control, PC): UVB irradiation + 2% hydroquinone application group

E1(Experimental 1): UVB irradiation + bomirai irradiation high 25 min application group.

E2(Experimental 2): UVB irradiation + moisturizer extract + bomirai irradiation high 25 min application group.

Values with different superscripts in the same row are significantly different (p<0.05) by ANOVA and Duncan's multiple range test.

Yoshida[19] 와는 일치하였고 Hwang[20], Yabo[21] 등과 비교할 때 원적외선 조사로 인한 피부 독성은 나타나지 않았지만 약간의 차이는 있었다.

표피의 멜라닌세포 내 S-100 단백질의 발현 정도를 측정면적대비 S-100 단백질의 발현면적 비(%)를 프로그램된 장비를 이용하여 수치화하고 통계적으로 검정하여 본 결과 대조군은 양성대조군에 비해 유의하게 높은 수치를 보였다($p < 0.05$). 실험군에서는 대조군에 비하여 통계적으로 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 이는 Lai[22] 실험과 비교해 볼 때 통계적 수치에서는 일치하는 반면 조직적 변화에서는 약간의 차이가 있었다. 이는 Chiu[23] 연구와는 차이가 있었으나, 실험군이 대조군에 비하여 유의하게 낮아진 수치로 볼 때 원적외선 조사한 군이 대조군에 비해 S-100 단백질의 발현에 영향이 있음이 통계적으로 나타났다($p < 0.05$).

이러한 결과로 볼 때 원적외선을 조사한 군이 강한 자외선에 노출되어 손상된 피부 조직에서 멜라닌세포 생성을 줄이는 데에 효과적으로 작용 되었음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 UVB 조사에 의한 광 노화된 피부에 대한 FIR 피부 개선 효과를 보기 위해 피부 흡수력이 좋은 3~20 μm 의 원적외선을 방사하는 원적외선 조사 장비(BOMIRAI FIR Infrared Mask, 진영 R&S Deagu, Republic Korea) 마스크를 사용하여 조직학적 변화, 교원섬유 변화, 염증의 변화관찰, 멜라닌 색소관찰, 면역조직화학적 실험을 하여 피부에 나타나는 변화와 개선 효과에 미치는 영향을 원적외선을 조사한 후 변화를 보고자 하였다. 실험은 정상군, 대조군, 양성대조군, 실험군(E1, E2)으로 하여 군당 6마리씩 총 30마리를 이용하여 원적외선 조사를 1일 1회, 주 6일, 4주간 매회 특정 시간대에 brown guinea pig을 에테르로 35분간 수면 마취한 후 실험을 하였다. 결과는 정상군에 비하여 대조군에서는 통계적으로 유의성 있게 노화도가 높았으며($p < 0.05$), 실험군에서는 대조군에 비해 유의성 있게 낮았으며($p < 0.05$), 실험군의 피부 조직에서 결합조직, 탄력섬유 및 멜라닌세포의 변화 및 재생 정도가 현미경적 모습에서도 알 수가 있었다. 이상의 실험에 근거로 종합해보면 보미라이 원적외선이 피부재생과 염증을 완화하는 결과로 보여 원적외선을 이용한 피부의 노화 개선에 유용성이 높을 것으로 사료 된다.

References

- [1] Dover JS, Phillips TJ, Arndt KA, "Cutaneous effects and therapeutic uses of heat with emphasis on infrared radiation", *J Am Acad Dermatol*, 20:278-286, 1989.
- [2] Danno K, Mori N, Toda K, Kobayashi T, Utani A, "Near-infrared irradiation stimulates cutaneous wound repair: laboratory experiments on possible mechanisms", *Photodermal Photoimmunol Photomed*, 17:261-265, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2001.170603.x>
- [3] Hideyoshi T, Yoichi M, Junya U, Takafumi O, Yasuo K, "Promotive Effects of Far-Infrared Ray on Full-Thickness Skin Wound Healing in Rats" *Exp Biol Med (Maywood)* 2003.228: 724.
DOI: <https://doi.org/10.1177/153537020322800612>
- [4] J. H. Lee, M. R.Roh, K. H. Lee, "Effects of Infrared Radiation on Skin Photo-Aging and Pigmentation" *Yonsei Medical Journal* Vol. 47, No. 4, pp. 485 - 490, 2006.
- [5] Ke Li, Liang Xia, NingFeiLiu, Fabio Nicoli, Joannis Constantinides, "Far infrared ray(FIR) therapy: An effective and oncological safe treatment modality for breast cancer related lymphedema", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Volume 172, July 2017, Page 95-101
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.05.011>
- [6] Thai-Ha Nguyen Tran, Huynh Nhu Mai, Eun-Joo Shin, Yunsung Nam, Bao Trong Nguyen, "Repeated exposure to far infrared ray attenuates acute restraint stress in mice via inhibition of JAK2/STAT3 signaling pathway by induction of glutathione peroxidase-1", *Neurochemistry International*, Volume 94, March 2016, Pages 9-22
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2016.02.001>
- [7] Chien-Hung Lai, Ting-Kai Leung, Chih-Wei Peng, Kwang-Hwa Chang, Ming-Jun Lai, "Effects of Far-Infrared Irradiation on Myofascial Neck Pain: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Pilot Study", *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* Vol. 20, No. 2, 2014
DOI: <https://doi.org/10.1089/acm.2013.0122>
- [8] Ting-Kai Leung, "In vitro and In Vivo Studies of the Biological Effects of Bioceramic(a Material of Emitting High Performance Fa-Infrared Ray) Irradiation", *chinese Journal of Physiology* 58(3): 147-155, 2015
DOI: <https://doi.org/10.4077/CJP.2015.BAD294>
- [9] Daniel Barolet, Francois Christiaents, Michael R. Hamblin, "Infrared and skin: Friend or foe", *Journal of Photochemistry & Photobiology, B Biology* 155(2016) 78-85
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.12.014>
- [10] Fatma Vatansever, Michael R. Hamblin, "Far infrared radiation (FIR): its biological effects and medical applications", *Photonics Lasers Med*. 2012(Nov) 1: 4:

255-266

DOI: <https://doi.org/10.1515/plm-2012-0034>

- [11] Luis Augusto Lupato Conrado MSc, Egberto Munin, "Reduction in body measurements after use of a garment made with synthetic fibers embedded with ceramic nanoparticles", *Journal of Cosmetic Dermatology*, Vol 10, Issue 1, pp 30-35, 2011
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2010.00537.x>
- [12] Ting-Kai Leung, Hi-Ming Lee, Shih-Yin Tsai, Yi-Chien, Jo-Shui Chao, "A Pilot Study of Ceramic Powder Far-Infrared Ray Irradiation (cFIR) on Physiology: Observation of Cell Cultures and Amphibian Skeletal Muscle", *Chinese Journal of Physiology* 54(4): 247-254, 2011
DOI: <https://doi.org/10.4077/CJP.2011.AMM044>
- [13] Yu-Min Ke, Ming-Chiu Ou, Cheng-Kun Ho, Yung-Sheng Lin, Ho-Yen Liu, "Effects of Somatothermal Far-Infrared Ray on Primary Dysmenorrhea: A Pilot Study", *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Volume 2012, pp8, 2012
DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/240314>
- [14] Nelson JS, Majaron B, Kelly KM, "What is nonablative photorejuvenation of human skin?", *Semin Cutan Med Surg* 2002;21:238-50
DOI: <https://doi.org/10.1053/sder.2002.36764>
- [15] Sheppard AR, Swicord ML, Balzano Q, "Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes", *Health Phys* 2008;95(4):365-96
DOI: <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000319903.20660.37>
- [16] Baletto F, Kanhere DG, Scandolo S, "Far-infrared absorption of water clusters by first-principles molecular dynamics", *J Chem Phys* 2008;128(21):214506
DOI: <https://doi.org/10.1063/1.2933248>
- [17] Hsu YH, Chen YC, Chen TH, Sue YM, Cheng TH, "Far-infrared therapy induces the nuclear translocation of PLZF which inhibits VEGF-induced proliferation in human umbilical vein endothelial cells", *PLoS One* 2012;7(1): e30674.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030674>
- [18] Yung-Ho Hsu, Yen-Cheng Chen, Tso-Hsiao Chen, Yuh-Mou Sue, Tzu-Hung Cheng, "Biological effect of far-infrared therapy on increasing skin microcirculation in rats", *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 2006;22(2): 78 - 86.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030674>
- [19] Yoshida, M., Hirotsu, S., Nakahara, M., Uchiwa, H. and Tomita, Y., "Histamine is involved in ultraviolet B-induced pigmentation of guinea pig skin", *Journal of Investigative Dermatology*, Vo.118, Issue2, pp.255-260, 2002
DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0022-202x.2001.01668.x>
- [20] Soojin Hwang, Dong-Hoon Lee, In-Kyu Lee, Young Mi Park, Inho Jo, "Far-infrared radiation inhibits proliferation, migration, and angiogenesis of human umbilical vein endothelial cells by suppressing

secretory clusterin levels", *Cancer Letters*, Vol.346, issue1, pp.73-83, April, 2014

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2013.12.011>

- [21] Yabo Xiong, Yang Zou, Shaoyong Cai, Huihui Liu, Shaoyun Huang, Houbin Li, "Processing and Characterization of Polymer-Based Far-Infrared Composite Materials", *Polymers* 2019, 11(9), 1451
DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11091451>
- [22] Yen-Ting Lai, Hsiang-Lin Chan, Shu-Huan Lin, Chih-Ching Lin, Szu-Yuan Li, "Far-infrared ray patches relieve pain and improve skin sensitivity in myofascial pain syndrome: A double-blind randomized controlled study", *Complementary Therapies in Medicine*, Vol.35, pp.127-132, December, 2017
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2017.10.007>
- [23] Hui-Wen Chiu, Cheng-Hsien Chen, Yi-Jie Chen, Yung-Ho Hsu, "Far-infrared suppresses skin photoaging in ultraviolet B-exposed fibroblasts and hairless mice", *PLoS ONE*, March 16, 2017
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174042>

예 춘 정(Chun-Jung Yea)

[정회원]



- 2002년 2월 : 대구한의대학교 보건대학원 보건학과(보건학석사)
- 2005년 2월 : 대구한의대학교 보건대학원 보건학과(보건학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 계명문화대학교 부교수

<관심분야>

분자병리, 병리독성학

이 태 중(Tae-Jong Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 계명대학교 계명대학원 의과학과(의료관리학석사)
- 2010년 2월 : 계명대학교 계명대학원 보건학과 (의학박사)
- 2010년 4월 ~ 현재 : 대구파타마병원 병리과

<관심분야>

분자병리, 병리독성학