

피부질환 치료용 LED 치료기

Medical Treatment Machinery Based on LED Light Source

IT 융합 · 부품 기술 특집

김진태 (J.T. Kim)	차세대LED연구팀 선임연구원
배성범 (S.B. Bae)	차세대LED연구팀 선임연구원
윤두협 (D.H. Youn)	차세대LED연구팀 책임연구원

목 차

.....

- I. 서론
- II. 광선요법의 원리
- III. 피부질환 치료용 LED 광원 개발시 고려사항
- IV. LED 광원을 이용한 피부질환 치료의 예
- V. 피부질환 치료용 LED 치료기의 연구 개발 동향
- VI. 결론

피부질환 치료를 위한 광선요법은 태양광, 레이저, 형광등, UV 램프 등 다양한 광원을 이용하여 광이 피부 내에서 생화학적 반응을 촉진하는 원리를 이용하여 피부 조직의 선택적 재생 또는 파괴 등을 통해 손상된 피부를 치료하는 광 의료 기술이다. 최근 발전하고 있는 LED 광원 기술은 광선요법에서 사용되어온 광원을 대체할 수 있는 기술로 각광을 받고 있다. 이에 본 고에서는 광선요법과 관련된 기초 원리를 살펴보고, LED가 피부질환 치료용 광원으로 사용될 때 고려되어야 하는 임상적, 기술적 문제점과 다양한 피부질환 치료에 있어서 LED 광원의 역할에 대해 살펴 보았다. 아울러, 피부질환 치료용 LED 치료기 관련 국내외 연구 개발 동향과 기업들이 출시한 LED 치료기의 특성을 살펴 보았다. LED 치료기 관련 표준화 동향과 국내외 지식재산권 현황을 살펴 보았으며, 향후 LED 기반의 피부질환 치료기의 개발 방향을 모색하였다.

I. 서론

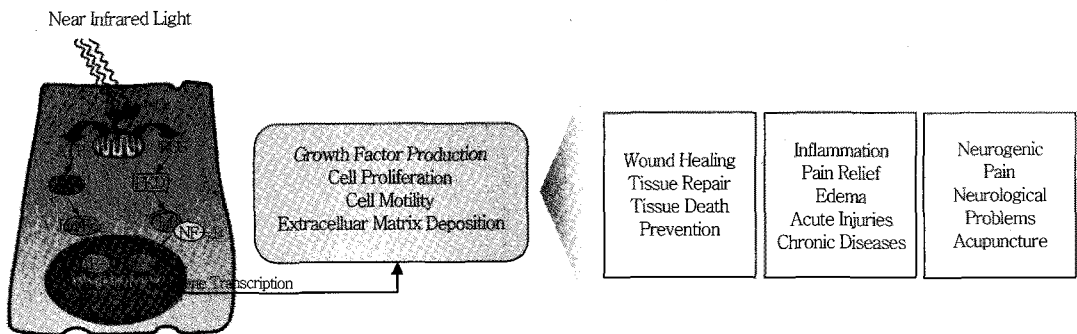
광 치료(light therapy)는 다양한 질병 치료를 위해 오래 전부터 이용된 의료기술이다. 피부병 치료를 위해 태양빛을 이용하는 방법은 수천 년 전부터 이집트, 인도 그리고 중국에서 이용되었다. 태양광을 이용한 치료법은 1903년 노벨 의학상 수상자인 Niels Ryberg Finsen에 의해 재조명되었으며, 이후 인공광을 이용한 광선요법(phototherapy)의 태동을 낳게 된다[1].

최근 피부질환 치료를 위한 광원 중 LED 광원을 이용한 방법이 대두되고 있다[2]. LED 광원은 고출력 레이저(laser)가 국소적인 면적에 집중적으로 치료하는 것과 달리 적절한 광출력으로 넓은 면적의 질환 부위를 효과적으로 치료할 수 있다. LED 광원은 파장선폭(wavelength bandwidth)이 좁아 특정 파장의 광원을 방출하므로 유해한 자외선(UV)이나 불필요한 적외선(IR) 등이 방출되지 않아 부작용이 적고, 에너지가 낮아 조직이나 눈을 손상시키지 않는 장점이 있어 가시광선과 근적외선 영역의 LED 광원을 이용한 치료를 인간에게 사용할 수 있도록 미국FDA에서 허가하고 있다. LED 광원의 물리적인 특징으로는 수명이 길고, 소비전력이 적어 환경 친화적이며, 부피가 작아 공간 활용이 용이한 장점이 있다.

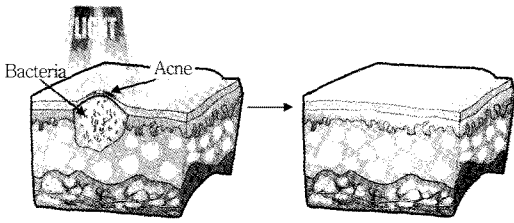
본 고에서는 LED 광원을 이용한 광선요법의 원리를 살펴보고 효과적인 피부질환 치료를 위해 LED 치료가 갖춰야 할 요구사항 등을 논의하고자 한다. 최근 대두되고 있는 LED 광원을 이용한 피부질환 치료용 LED 치료기의 기술개발 동향을 살펴보고자 한다.

II. 광선요법의 원리

식물에서 태양광이 엽록소(chlorophyll)를 통해 식물 세포로 변환되는 원리와 유사하게, LED 광원도 세포간의 광-생화학 반응을 유도할 수 있다. LLLT로 설명되는 광선요법은 LED 광원의 광자(photon)가 세포조직내 색소포(chromophore)나 광수용기(photo-acceptor)에 흡수되고 세포의 대사활동을 촉진시키는 것에 기초를 둔다[3],[4]. (그림 1)에 보는 바와 같이 세포에 흡수된 광은 세포조직내 ROS와 ATP 합성을 증가시킨다. 또한 적색과 근적외선 광에 노출된 세포는 NO를 방출한다. ROS는 유전자 생산과 관련되어 있다. 적절한 시간과 주기로 선택된 파장의 광은 세포내 cytochrome c oxidase와 같은 광수용기에 의해 흡수된다. 이는 억제 NO를 광 분해하고, 효소 활성화를 촉진하며 미토콘드리아의 대사와 ATP 생성을 촉진하게 된다. 결과적으로 헤모글로빈, 미오글로빈과 같은 단백질이 부가적인 NO를 방출하고,



(그림 1) 가능한 LLLT 반응 메커니즘



<자료>: Lightstim

(그림 2) LED 광원을 통한 여드름 치료의 예

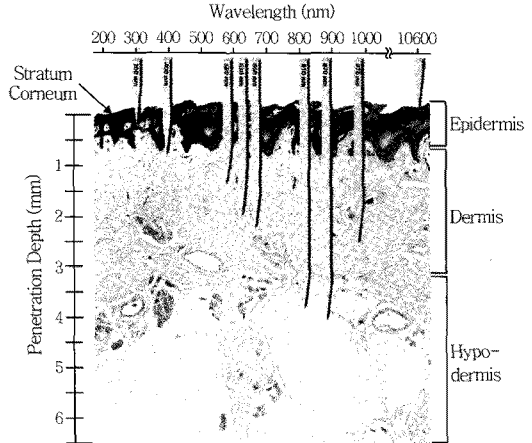
이것은 연속적인 세포내 생화학 반응으로 이어진다. 결과적으로, 세포의 전반적인 대사활동이 활발히 이루어져 세포의 재생과 재할에 광이 큰 역할을 하는 것이다. LED 광원을 피부에 조사하면 콜라겐과 엘라스틴의 생성이 촉진되고 주름발생을 억제하여 피부가 촉촉하게 탄력을 유지하도록 할 수 있는 것이다.

(그림 2)는 LED 광원을 통해 피부질환을 치료하는 원리를 보다 이해하기 쉽도록 도식한 것이다. 여드름을 제거하기 위해 청색 LED 광을 피부에 조사하면 여드름의 발생원인이 되는 박테리아를 소멸시키고, 염증을 가라 앉히고, 전반적인 피부 상태를 개선하는 효과를 가져오게 되는 것이다.

III. 피부질환 치료용 LED 광원 개발시 고려 사항

생화학적인 효과는 광원의 파장, 조사량, 세기, 조사시간, 광 조사방법(연속 광 또는 펄스 광) 등 다양한 변수들에 의존한다. 의학적으로는 광원의 조사 주기, 치료의 횟수 및 치료 주기 등에 의존한다. 따라서 피부질환 치료를 위한 LED 광원의 특성을 피부 특성에 맞게 조절하는 것이 중요하다.

LED 광원은 파장으로 구분된다. 다른 파장은 세포조직 내에서 다른 생화학 반응을 일으킨다. 일반적으로 장 파장의 광이 세포 내로 깊이 침투하기 때문



(그림 3) 광원의 파장에 따른 피부 투과 깊이

이다(그림 3) 참조[2]. 세포조직의 종류에 따라 다르지만, 400nm 파장의 광은 1mm 이하의 투과 깊이를, 514nm 파장의 광은 0.5~2mm의 투과 깊이를, 630nm 파장의 광은 1~6mm의 투과 깊이를 갖고, 700~900nm 파장의 광은 더 깊이 침투할 수 있다 [5].

세포와 세포조직은 각각의 고유한 광 흡수 특성을 갖고 있다. 즉, 특정 파장의 광만을 흡수하는 것이다. 광선요법의 최대 효율을 위해서는 광이 목적하는 세포나 세포조직까지 침투할 수 있는 파장을 선정해야 한다. 붉은색은 피부의 깊은 층에 있는 피지선(sebaceous gland)의 활성화에 이용되고, 파란색은 PDT 방법을 이용해 표피(epidermis)에 있는 각질(keratosis)을 활성화하여 피부의 표면 상태를 조절하는 데 이용될 수 있다.

LED 광원을 이용한 광선요법 적용을 위해서는 매우 깊은 침투 깊이를 갖는 파장의 광이 효과적이다. 예를 들어, 2.3mm의 투과 깊이를 갖는 660nm 파장의 광은 섬유아세포(fibroblast)에서부터 망상진피(reticular dermis)까지 효과를 발휘한다. LED 광원은 분자 색소포나 광수용기가 잘 흡수할 수 있는 파장대역을 갖고 있어야 한다.

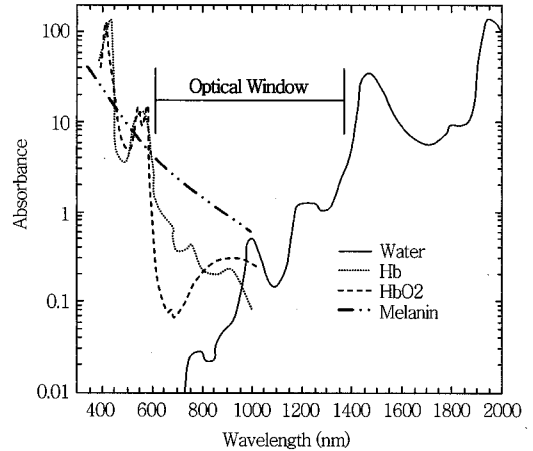
〈표 1〉 색소포의 종류 및 광 흡수 파장

Endogenous	Wavelength (nm)	Exogenous	Wavelength (nm)
Nucleic acid	260~280	Psopralens	340~370
Protein	280~300	India ink	400~800
Hemoglobin	400, 542, 554, 576	Indocyanine green	805
Melanin	400~800	Porphyryns	400, 630
Water	1400~10000	Chlorins	650~690
Lipid		Bacteriochlorins	720~780
Flavins	420~500	Phthalocyanines	670~740
Porphyryns	400, 630	Methylene blue	660
Cytochrome	620~900	Rose bengal	540

피부조직 내에는 수많은 내생적 색소포(endogenous chromophore)가 존재하므로 특정 피부질환 치료를 위한 적절한 LED 광원의 파장을 선별해야 한다. 또한 치료목적으로 세포나 피부세포에 외부적으로 더해지는 외생적 색소포(exogenous chromophore)가 존재할 수 있으므로 이 또한 고려되어야 한다. <표 1>은 주요한 색소포의 종류와 광 흡수 파장 대역을 나타낸 것이다.

LED 광원을 통해 피부 질환을 치료하는 데 있어서 다음 두 영역의 파장 대역은 사용에 주의해야 한다. 600nm 파장 이하의 광은 혈액내 헤모글로빈에 의해 잘 흡수되므로 피부 세포의 광자 흡수를 방해한다. 1000nm 이상의 장 파장 광원은 피부내 수분에 의해 잘 흡수되는데 이는 피부내 섬유아세포에 있는 색소포의 활성화를 방해한다. (그림 4)는 600~1000nm 파장 대역에서 세포조직의 광 흡수 특성을 나타낸 것으로 위에서 언급된 것을 뒷받침하는 실험 결과이다[3].

LED 광원의 피부 조사량(dose)에 따라 그 치료 효율은 달라질 수 있다. 광원의 조사량은 J/cm^2 으로



(그림 4) 피부 세포조직의 파장에 따른 광 흡수 특성

표현할 수 있고 여기에 시간을 곱한 것으로도 표현할 수 있다. 세기가 강한 광원을 짧은 시간 조사한 것과 세기가 약한 광원을 오랜 시간 조사하는 경우 동일한 조사량을 갖는다. 이를 호혜성(reciprocity)이라 한다. 하지만, LLLT 방법과 LED 광원을 이용하는 피부질환 치료에서 호혜성이 정확히 적용되는지는 아직 논란의 여지가 많다. 특히 상처치리에 있어 다양한 세기의 LED 광원을 서로 다른 시간 동안 조사하여 동일한 조사량을 상처에 노출시키는 경우, 반드시 치료 효율이 동일한 것은 아니다. 광원의 세기가 강한 경우 조사량 측면에서는 조사 시간을 줄일 수 있다. 하지만, 광저해(photoinhibition) 효과가 나타난다.

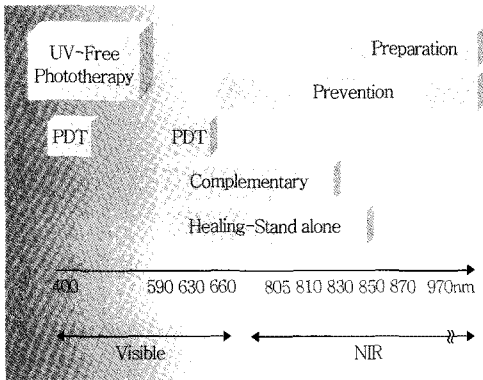
조사량 측면에서 LED 광원의 동작을 연속적으로 또는 펄스 형태로 조절할 수 있다. 펄스 형태의 경우 펄스의 주기, 반복시간, 간격, 점등시간, 점멸시간 등 다양한 변수를 통한 조사량 변화가 가능하다. 하지만, 이와 관련된 정확한 치료효율의 결과는 아직까지 명확히 밝혀지지 않았다. 특별한 경우에 대해 살펴보면, 매우 짧은 펄스의 LED 광원은 연속조사의 경우보다 세포조직 내에서 깊이 침투할 수 있다[6]. 이런 경우, 처음의 강한 펄스는 피부의 위층에 있는 세포조직을 여기 상태로 만들고 아래층의 세포조직까지 광이 투

과할 수 있는 통로를 열어주는 역할을 하기 때문이다. 매우 긴 펄스는 세포탈진(cellular exhaustion)을 일으킬 수 있고, 매우 짧은 펄스는 세포조직내 생화학 반응을 일으키기에 불충분한 에너지를 전달할 수 있으므로 적절한 펄스 시간을 선별하는 것이 중요하다.

마지막으로 세포조직의 건강 상태에 따라서 LED 광원을 이용한 피부질환 치료 효율이 결정된다[7]. 건강하지 않은 상태의 세포조직은 건강한 세포조직에 비하여 보다 빨리 LED 광원에 반응한다. LED 광원에 조사되는 시점에 미숙한 상태에 있는 세포에 대해 광원은 보다 자극적인 세포 확산을 유도할 수 있다. 광의 조사는 전교원질(procollagen; 콜라겐) 생산과 저장을 유도하고 세포의 잠재력을 극대치로 끌어 올릴 수 있기 때문이다.

IV. LED 광원을 이용한 피부질환 치료의 예

LED 광원을 이용한 의학적 치료는 치유(healing)와 염증발생의 억제 특성으로 설명될 수 있고, 대부분의 경우 외과적 치료에 대해 부가적으로 도입하는 열적 치료를 다루는 경우가 많다. 그러나, 최근 LED 광원을 이용한 의학적 치료는(그림 5)에서 보는 바와 같이, 사용되는 파장 또는 조합된 파장의 분류에 따라



(그림 5) LED 광원을 이용한 피부질환 치료의 예

〈표 2〉 LED 광원을 이용한 의학적 치료의 예

Application	Wavelength(nm)	Operation mode
Wound healing	660, 850	Pulse
Inflammation	630~660	Pulse
PDT	405~630	Continuous wave
Photorejuvenation	630~660	Pulse
Sunburn prevention	660~970	Pulse or CW
PIH prevention	870~970	Pulse or CW
Scar prevention	805~970	CW
Photopreparation	870~970	CW
Photoregulation	660~850	Pulse
UV-free phototherapy	405~850	Pulse or CW

다양한 분야로 구분된다[2]. 즉, 다양한 피부질환에 독립적으로 사용될 수 있는 것이다. <표 2>는 LED 광원을 이용한 다양한 의학적 치료의 예를 나타낸 것이다[2]. 본 장에서는 LED 광원이 적용될 수 있는 다양한 피부질환에 대해 살펴보고자 한다.

1. 상처 치유

초기 LED 광원을 이용한 피부질환 치료는 상처 치료를 목적으로 하였다. 가시광 및 근적외선 영역의 다양한 파장을 갖는 LED 광원은 무린 섬유아세포, 쥐 골아세포(osteoblast), 쥐 골근세포(skeletal muscle cell) 및 휴먼 상피(epithelial cell) 등의 다양한 세포선(cell line)에 존재하는 세포의 성장을 증가시켰다[8]. 상처의 크기 감소 및 상처의 봉합 속도 증가에 대한 연구결과가 발표되었으며, 특히 인간 피부 세포의 빠른 상처 치유와 봉합에 대한 긍정적인 연구결과들이 발표되었다.

특히 외과적 수술 이후 LED 광원을 조사하였을 때, 부기(swelling), 삼출성(oozing), 각질화(crusting), 고통(pain), 홍반(erythema)의 부작용이 현저

히 줄어듦을 보고하였다[9]. 괴저성(necrotic) 상처를 갖는 피부의 치유를 위해서는 근적외선 영역의 파장이 metalloproteinases 생산의 증가가 상처치유에 도움을 주었음을 보고하였다.

2. 염증 치유

자유 라디칼(radical)은 무증상의 염증을 일으키는 것으로 알려져 있다. 염증은 다양한 경로를 통해 유발되는데 태양 빛이나 화학물질에 대한 우리 몸의 면역 반응에 의해 생산된 효소의 산성화에 의해 발생된다. LED 광원을 이용한 치료는 염증 유발자의 역반응에 의한 병변을 제거하는 방법을 통해 가능하다. 635nm 파장의 광을 인간 잇몸의 섬유아세포에 조사하는 경우 PGE2 합성을 억제하여 염증 발생을 저하시킬 수 있음을 보고하였다[10]. LED 광원의 조사는 홍반의 명확한 구분을 도왔으며 펄스 다이 레이저 치료로 상처를 입은 환자의 치유에서 불편함을 최소화 하였다. LED 광원은 MMP를 억제하는데 MMP의 억제는 염증이 있는 세포조직의 낭창을 줄일 수 있음을 보고하였다.

3. 피부 재활(Rejuvenation)

태양 빛에 의해 손상된 피부에 있어서, 콜라겐 합성은 MMP의 증가와 함께 줄어든다. 따라서, 피부 노화의 의학적 징후를 방지하거나 치료하는 전략은 MMP의 감소와 새로운 콜라겐의 합성을 통해 콜라겐 부족을 해소하는 방법이 가능하다. 가시광과 근적외선 영역의 파장에 해당하는 빛을 방출하는 다양한 LED 광원의 사용은 피부 콜라겐 합성을 강화하고 동시에 MMP의 증가를 억제할 수 있음을 보고하였다[11]. LED 광원의 조사 후 현저한 콜라겐 합성의 증가가 다양한 실험을 통해 보고되고 있다. <표 3>은

<표 3> 피부 재활을 위한 LED 광원 시스템의 예

Wavelength(nm)	System name	Manufacturer
590	GentleWaves	Light BioScience
630	Omni-lux Revive	Photo Therapeutics Ltd.
660	LumiPhase-R	OpusMed

피부 재생을 위해 사용 가능한 LED 광원의 특징을 나타낸 것이다[2].

4. 햇볕 화상 방지

가시광에서 근적외선의 광은 피부의 광손상을 방지할 수 있다. 이와 같은 가능성은 인간 섬유아세포에 IR 광을 노출한 후 UV에 의한 세포조직 손상 방지에 대한 비임상 실험에 의해 뒷바침 된다. 즉, LED 광원을 조사한 피부는 UV 광에 대한 저항력을 강화시키는 것이다. 660nm 파장의 광을 UV에 노출시키기 전에 조사하는 경우 UV-B에 의해 발생하는 홍반을 억제시킬 수 있음을 보고하였다 [12]. 아직 비임상적 연구 결과이지만, 향후 이러한 방법을 통한 UV에 대한 세포적 저항력의 유도는 UV 차단제와 같은 전통적인 피부보호 방법을 획기적으로 전환시킬 수 있을 것이다.

5. UV 없는 광 치료

UV 조사를 통한 광 치료는 피부 질환을 치료하기 위해 통상적으로 사용되어온 방법이다. 하지만 UV 광 조사에 따른 면역억제 약물을 투여 받는 환자나 어린이의 장기 치료에 발생하는 부작용이 항상 존재하였다. 초기 다양한 피부 상태에 맞는 UV 광 치료의 노력은 청색 LED와 IR 광 치료를 통하여 인터류킨(interleukin)의 변조와 산소 생산을 목적으로 하였다. 이와 같은 방법은 UV 광 치료가 부작용 없이 사용될 수 있는 피부 상태에 LED 광원이 조사될 수 있는 기회를 제공한 것이다. 이와 같은 방법이 UV 없는

광 치료이다. 400~500nm 파장의 광은 아토피성 습진을 갖는 환자에 사용될 수 있음을 보고하였다[13].

6. 광역동요법(PDT)

광역동요법은 광선요법의 극대화를 위하여 화학적 인자인 광감작제(photosensitizer)의 도움을 받는 방법이다. (그림 6)과 같이 광감작제는 특정 파장의 빛에 의해 여기 상태로 변화하는 물질로 가시광선에서 근적외선에 이르는 파장 대역의 빛을 흡수하고 triplet state로 에너지 수준이 여기된다. 세포 내에서 바닥 triplet state에 놓여 있는 화학인자는 산소 분자이다. 광감작제와 세포내 산소분자가 근접한 상태에 있으면 여기된 광감작제는 바닥 singlet state로 돌아오고, 세포내 여기된 singlet state 산소분자의 생산이 가능한 에너지 전환이 발생한다. Single oxygen은 매우 공격적인 화학 인자로 가까이 있는 생화학분자들과 매우 빠르게 반응한다. 이러한 파괴적인 반응은 세포를 고사(apoptosis) 또는 괴사(necrosis)의 형태로 소멸시키게 된다.

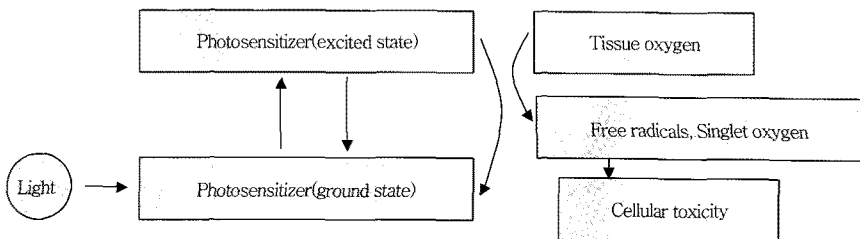
광역동요법은 초기에 암치료를 위해 고안되었으나 적절한 광감작제의 선별을 통하여 피부 질환 치료에 응용하는 경우, 피부 내부에 존재하는 불필요한 세포조직을 제거함으로써 피부질환을 치료할 수 있다. 광역동요법의 적용가능 질환은 피부 T 세포 림프종(cutaenous T-cell lymphoma), 혈관종(vascular tumor), 건선(psoriasis), lichen sclerosis, 편평태선

(lichen planus), scleroderma, 피부레쉬마니아증(cutaneous leishmaniasis) 등이다. 치료뿐 아니라 예방 목적으로도 그 활용이 확대되고 있다.

V. 피부질환 치료용 LED 치료기의 연구 개발 동향

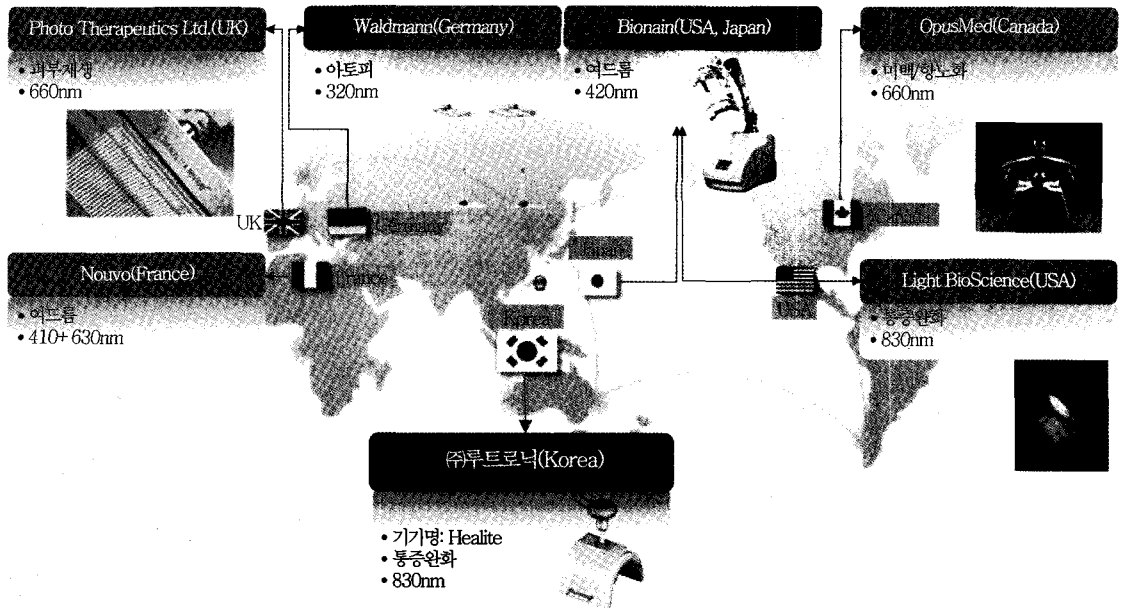
레이저 치료기기는 단기간에 피부 세포를 제거 또는 파괴하는 방법을 통해 기미, 제모, 흉터 제거 등에 이용되는 반면, LED 치료기는 치료기간이 길고 시간이 많이 소요되는 만성 피부질환, 피부 항 노화, 창상 치료, 기미 등의 분야에 집중적인 기술 개발이 이루어지고 있다. LED 칩의 출력 및 효율의 향상이 기대되므로 현재 광 치료기기의 대부분을 차지하고 있는 레이저나 램프 기반의 광 치료기를 대체할 것으로 예상된다.

피부 재생 등과 관련하여 415, 633, 830nm 대역의 LED 광원을 이용하고 있고, 광 조사 스크린에 LED 칩을 array로 배열하는 형태의 광 치료기기가 주류를 이루고 있다. 여드름 치료에 사용되는 415nm 대역의 제품과 피부재생, 상처치유와 관련된 630~660nm 대역의 제품이 주종을 이루고 있으며, 일부 제품군의 경우 375nm나 515 혹은 585nm 대역의 파장이 사용되고 있다. (그림 7)은 치료 목적 및 사용 파장에 따라 전 세계적으로 출시되고 있는 피부질환 치료용 LED 치료기를 나타낸 것이다.



<자료>: Nature Review Cancer(2003)

(그림 6) 광역동요법의 작용 메커니즘



(그림 7) 전 세계적으로 출시되고 있는 피부질환 치료용 LED 치료기 현황

1. 국외 현황

피부질환 치료용 LED 치료기의 연구개발은 레이저 치료기술에 비해 비교적 최근인 2000년대 중반부터 영국의 Photo Therapeutics Ltd.사에서 연구되기 시작하였으며, 주요 업체로는 <표 3>에 나타난 Light BioScience(미국), Photo Therapeutics Ltd.(영국), OpusMed(캐나다) 외에 Quantum Biomedical(미국), Lightstim(미국), Amjo Corp.(미국) 등의 업체들이 피부질환 치료용 L66

ED 치료기를 출시하고 있다. <표 4>는 대표적인 국외 LED 치료기 제작업체의 현황과 제품의 특징 등을 정리한 것이다.

- Photo Therapeutics Ltd.(영국)

Omni-lux를 통해 LED 광 치료기기를 상용화하였으며, 415, 633, 830nm 대역의 3가지 제품군과 휴대용 광 치료기기를 최근 시판 중이다. 응용분야는 415nm 대역의 blue LED를 이용한 여드름 치료, 633nm 대역을 이용한 피부 노화 억제 및 PDT 응용,

창상치료를 위한 830nm의 3가지 제품군을 가지고 있으며 단일 파장 조사가 가능한 광원 부를 하나의 본체에서 교체하면서 사용이 가능하도록 된 것이 특징이다. 현재까지 시장점유율 및 기술적인 측면에서 가장 앞선 기업으로 평가 받고 있다. 광조사 출력은 415nm의 경우 40mW/cm², 633nm의 경우 105mW/cm², 830nm의 경우 55mW/cm²의 출력을 나타내고, PDT용으로 사용되는 633nm의 경우 80mW/cm²를 나타내고 있으며, 현재까지 LED를 이용한 광치료 기기 제품들의 경우 대부분 이와 비슷한 출력에 머무르고 있다.

- Lightwave사(미국)

Omni-lux와 비슷한 형태로 420, 630, 880nm 대역의 LED를 이용하여 시스템을 구성하고 있다. 420nm 대역의 경우 86mW/cm², 630 대역의 경우 112mW/cm², 880nm 대역의 경우 82mW/cm²를 나타내고 있다. Omni-lux가 광원 부 전체를 교체하여 사용하는데 비해 Lightwave사의 제품의 경우 광원

두 가지 파장이 동시 조사가 가능한 형태를 띄고 있다. 전체적으로 Omni-lux에 비해 전체 시스템의 크기가 크며 출력이나 응용분야는 비슷한 것으로 판단된다. Photo Therapeutics Ltd.사와 마찬가지로 휴대용 기기도 출시할 예정이다.

- Light BioScience, LLC(미국)

피부재생과 관련된 치료기기를 선보였으며 Loreal 등의 대기업과 공동연구 및 제품 개발을 진행하고 있다.

- Amjo Corp.(미국)

LED를 이용한 광원을 이용하여 피부재생을 위한 치료기와 여드름 치료를 위한 치료기 두 가지 제품을 개발 판매중이다. 피부재생을 위해서는 630~660nm 대역의 LED 광원을 이용하며, 여드름 치료를 위해서는 415nm와 660nm를 동시에 이용하고 있다. 다른 회사의 제품들과는 달리 평면형 구조를 채택하고 있으며 전체적으로 광조사 출력은 떨어지는 반면 탁상형 형태로 장시간 사용이 가능한 형태이다.

- Quantel사(프랑스)

사용하는 파장대역은 다른 제품들과 비슷한 대역의 파장을 사용하고 있다. 여드름 치료는 415nm와 585nm, 피부재생은 635nm와 585nm, PDT 응용은 415nm와 635nm, 백반, 건선 및 아토피 치료를 위한 370nm 등을 사용하며 다른 업체들과 달리 hand-held형 의료기기를 특징으로 한다.

〈표 4〉 국외 LED 치료기 제작업체 현황 및 제품 개요

제품명	제품특징	제조사 (국가)
Omni-lux	- LED Screen Type	Photo Thera- peutics Ltd. (영국)
	- 415nm, 633nm, 830nm 파장	
	- 파장별 Screen 변경 가능	
	- 2005년 FDA, CE 취득/ 2007년 KFDA 취득	
	- 현재 전 세계적으로 가장 많은 판매	

(뒤에 계속)

(계속) 〈표 4〉 국외 LED 치료기 제작업체 현황 및 제품 개요

제품명	제품특징	제조사 (국가)
Gentle-Waves	- LED Screen Type	Light BioSci- ence (미국)
	- 590nm 파장	
	- 2004년 FDA/2005년 CE 취득/ 2007년 KFDA 취득	
Light-wave	- LED을 이용한 피부치료 제품으로 가장 먼저 FDA 취득	Light- Wave (미국)
	- LED Screen Type	
	- 420nm, 630nm, 880nm 파장 - 파장별 Screen 변경 가능 - 2007년 FDA 취득	
LED SCR	- LED Screen Type	Quantel (프랑스)
	- 585nm, 635nm 파장	
	- 파장별 Screen 변경 가능	
	- 2009년 FDA, CE 취득 - 레이저 의료기기 판매업체	
LED HP	- LED Screen Type	Quantel (프랑스)
	- 370nm, 415nm, 585nm, 635nm 파장	
	- 파장별 Handpiece 변경 가능 - 2009년 FDA, CE 취득 - 세계 최초 고출력밀도를 갖는 Hand- piece 제품	

2. 국내 현황

국내에서 피부질환 치료를 위한 LED 치료기 개발은 아직까지 본격적인 연구를 진행하는 연구기관은 거의 없으며 국내 레이저 치료기 제작업체나 일부 수입업체들에 의해 외국 제품을 수입 판매하거나 몇 가지 효과가 알려진 파장을 중심으로 외국 기업의 제품을 낮은 가격에 복제하는 수준에 머물러 있다.

국내 최대의 레이저 치료기 생산업체인 (주)루트로닉은 최근 상처 치유용 LED 치료기(제품명: Healite)를 개발하여 판매에 들어간 상태이나 현재까지 개발 및 시장진입 초기 단계이다. 엠아이텍의 Nouvo, 유티아이의 Bionain 등의 제품이 출시되고 있다. 〈표 5〉는 상기 3사의 제품 특성을 정리한 것이다.

〈표 5〉 국내 LED 치료기 제조업체 현황 및 제품 개요

제품명	제품특징	제조사 (국가)
Healite	- Output Intensity: 55mW/cm ² - Output Wavelength: 830nm - Bandwidth 30±3nm - Lamp Type Infrared LED - Lamp Input Power 75W	루트로닉 (한국)
Bionain	- LED Screen Type - 420nm, 515nm, 635nm 파장 - 파장별 Screen 변경 가능 - 2007년 KFDA 취득 - 국내 레이저 의료기기 판매업체	유타아이 (한국)
Nouvo	- LED Screen Type - 410nm, 480nm, 630nm - 파장별 Screen 변경 가능 - 2007년 KFDA 취득 - 국내 생산제품 중 가장 높은 인지도	엠아이테크 (한국)

최근 영세한 관련업체에서 LED를 이용한 피부질환 치료기를 제작 시판하고 있으나 선진 제품에 비해 성능, 인지도, 안정성 등 시장 경쟁력에서 많은 편차를 보이는 상황이다. 국내 의료기기 제조업체의 영세성과 관련 분야의 연구기반 부족으로 의료용 LED 칩을 포함한 광원 관련업체와 의료기 제조업체 사이의 공동연구는 전무한 상황이다.

광 치료기 및 진단기기 개발에 가장 기초가 되는 피부 광학 분야에 대한 기반도 매우 취약한 상태로 전자부품연구원, 중앙대학교 피부과를 비롯한 일부 연구기관과 소수의 대학교 및 대형병원을 중심으로 개별적인 연구가 진행중이다.

3. LED 칩 및 패키징 기술 현황

유효성이 입증된 파장 대역의 광을 방출하는 LED 칩을 손쉽게 구할 수 있다. 하지만, 해당 파장 대역의 광을 방출하는 칩의 출력 밀도가 피부질환 치유를 위해 필요로 하는 출력밀도를 만족시키지 못하는 경우가 많다. 현재 시판되는 LED 칩의 출력은 660nm 대

역에서의 경우 100mW/cm² 정도의 고출력 제품들이 시판되고 있지만, 다른 파장영역의 경우 수십 mW/cm² 정도의 광 출력밀도를 갖는다. 또한, 개발된 LED 광원의 유효성이 입증된 몇 가지 파장의 빛을 방출하지 못하는 문제점도 있다. LED 칩의 출력 밀도 향상과 파장선택의 다양성을 위한 집중적인 연구개발이 필요한 실정이다.

출력 밀도 문제로 인해 대부분의 병원용 의료기기는 단일 파장의 조사가 가능한 제품 혹은 광원부의 교체를 통해 다른 대역의 파장을 조사하는 제품의 형태를 갖는다. PDT나 LLLT 등 최근 각광받고 있는 광 치료기 분야에서는 LED를 기반으로 한 광 치료기기가 성능, 가격 측면에서 더욱 효과적일 것으로 예측하고 있으며 이와 관련하여 미국, 유럽을 중심으로 많은 기초연구와 치료기기가 개발되고 있다.

LED 치료기의 제작을 위한 LED 칩 패키징 기술에 있어서는 파장 대역별로 LED 칩의 출력 밀도가 상이한 경우가 많으며, 파장에 따른 출력 제한과 LED 광원 모듈을 동작시키는 동안 발생하는 열 문제로 인해 치료시간 단축에 필수적인 LED 광원 출력 밀도 향상은 제한적이다. 따라서 이 부분에 대한 연구 개발도 시급한 실정이다.

피부질환 치료용 LED 치료기는 의료기로 분류된다. 치료기의 특성상 해당 국가나 지역별로 상용 승인 허가를 받아야 시장에 출시할 수 있는 점과 최근의 기술개발 동향을 비추어 볼 때 아직까지 발표되지 않은 새로운 형태의 광 치료기들이 개발, 시험되고 있는 것으로 예상된다.

4. 국내외 지식재산권 현황

가. 국내 동향

LED 치료기 관련 기술과 제품의 국내 지식재산권

(특허 등) 현황을 살펴보면, 2004년 LED에서 발광되는 빛이 PCB에서 흡수되지 않고, 전방으로 직접 반사되도록 하는 PCB 기술을 (주)에이엠티라이텍과 단국대학교에서 고안하여 국내 특허 등록하였다. 2005년 환자의 전면과 후면에 LED 광을 조사하여 황달을 치료할 수 있는 광 조사장치를 (주)메디아나에서 고안하여 국내 특허를 등록하였으며, 2007년 복수의 파장을 동시에 조사하거나, 선택적으로 조사할 수 있는 다파장 출력 의료용 LED 광 치료 시스템을 (주)루트로닉에서 고안하여 국내 특허를 등록하였다.

국내에서 LED Bio 기술에 대한 특허는 총 16건이 출원 및 등록된 것으로 나타났다. 연도별 특허 동향을 살펴보면 2000년에 특허 출원이 시작되어 지속적으로 출원이 이어지다가 2005년과 2007년에 가장 많은 출원이 이루어지고 이후 지속적으로 출원되고 있다. 2000년 이후 LED Bio 기술관련 특허를 출원한 출원인으로는 (주)메디아나전자, 루미큐어리미티드, (주)코스타월드 등이다.

기술별 특허 동향을 살펴보면, 국내의 LED 기술 응용분야 중 therapy 분야가 14건으로 66%의 가장 높은 점유율을 차지하고, cosmetic 분야가 4건으로 19%, skin 분야가 1건으로 10%, collagen 분야가 1건으로 5%, rejuvenation 분야는 전무하다.

나. 국외 동향

국외 지식재산권(특허 등) 현황을 살펴보면 2001년 치료에 사용되는 LED를 이용한 비간섭 광원과 공랭식 LED array를 포함하는 치료용 광원 및 광원을 이용하는 방법을 영국의 Photo Therapeutics Ltd.에서 고안하여 국제 특허를 출원하였고 국내특허 등록되었다. 2002년 LED의 배열을 2차원적으로 구성하여 LED들로부터 조사된 광을 집속시켜, 조사거리와 함께 광 강도가 변화하는 것을 크게 감소시키는

시스템을 노르웨이의 Photocure ASA에서 고안하여 국제 출원하고 국내에서 특허 등록되었으며, 2002년 모발 성장 촉진을 위해 LED 광을 이용한 방법 및 장치를 미국의 Light BioScience, LCC에서 고안하여 국제 특허를 출원, 국내에서 등록되었다. 2005년 세포 증식 및 유전자 발현의 조절, 피부의 광 노화 억제 및 피사 세포의 재생을 위한 방법과 시스템을 미국의 Light BioScience, LCC에서 고안하여 국제 특허를 출원, 국내특허 등록되었다.

• 미국

미국에서 LED Bio 기술에 대한 특허는 총 11건이 출원 및 등록되었다. 연도별 특허 동향을 살펴보면 2003년에 특허 출원이 시작되어 출원이 이어지다가 2006년에 가장 많은 출원이 이루어지고 이후 지속적으로 출원되고 있다. 2000년 이후 LED Bio 기술 관련 특허를 출원한 출원인으로는 United Laboratories & Manufacturing, United Laboratories & Manufacturing 등이 대다수이다.

기술별 특허 동향을 살펴보면, 미국의 LED 기술 응용분야 중 therapy 분야가 5건으로 46%의 가장 높은 점유율을 차지하고, collagen 분야가 3건으로 27%, cosmetic 분야가 1건으로 9%, rejuvenation 분야가 1건으로 9%, skin 분야가 1건으로 9%의 점유율을 차지하고 있다.

• 일본

일본에서 LED Bio 기술에 대한 특허는 총 4건이 출원 및 등록되었다. 연도별 특허 동향을 살펴보면 1992년에 특허 출원이 시작되어 2002년 이후 지속적으로 출원되고 있다. 2000년 이후 LED Bio 기술 관련 특허를 출원한 출원인으로는 Seputo, Keitou-wai Project 등이다.

기술별 특허 동향을 살펴보면, 일본의 LED 기술

응용분야 중 therapy 분야가 2건으로 50%, collagen 분야가 2건으로 50%의 높은 점유율을 차지하고, cosmetic 분야, rejuvenation 분야, skin 분야는 0건이다.

• 유럽

유럽에서 LED Bio 기술에 대한 특허는 총 3건이 출원 및 등록되었다. 연도별 특허 동향을 살펴보면 2001년에 특허 출원이 시작되어 출원이 이어지다가 2007년에 가장 많은 출원이 이루어지고, 이후 지속적으로 출원되고 있다. 2000년 이후 LED Bio 기술 관련 특허를 출원한 출원인으로는 Aracaria B.V. 등이다.

기술별 특허 동향을 살펴보면, 유럽의 LED 기술 응용분야 중 therapy 분야가 3건으로 75%, rejuvenation 분야가 1건으로 25%의 높은 점유율을 차지하고, cosmetic 분야, collagen 분야, skin 분야는 0건이다.

5. 표준화 동향

LED 기반의 피부질환 치료기와 직접적으로 관련된 표준은 아직 존재하지 않는다. 다만, 광선요법과 관련된 의료기기는 전기를 이용한 광원이므로 국제 전기표준회의(IEC)에서 그 표준을 정하고 있다. 관련된 표준은 IEC 62471이고 영문 제목은 “Photobiological safety of lamps and lamp systems”이다. 따라서, 피부질환 치료용 LED 치료기는 상기 표준 요구사항을 만족하는 성능을 갖는 것이 필요하다.

IEC 62471과 관련된 주요 내용은 조명을 포함하는 램프와 램프 시스템의 광생물학적 안정성 기준을 제공한다. 이 문서는 200~3000nm 파장의 광을 조사하는 다양한 광원이 생물에 노출되었을 때 위험성을 평가하고 조절하는 방법과 측정 표준 등을 제공하

고 있다. 여기서 광원은 레이저를 제외하고 LED를 포함한다.

IEC 62471 문서에서 주요한 점은 피부 외에 인간이 갖고 있는 눈과 망막 등 광에 민감한 조직에 대해 광 조사의 안정성을 정하고 있다는 것이다. 의료용으로 사용될 수 있는 피부질환 치료용 LED 치료기는 FDA 또는 KFDA의 기준과 함께 상기 IEC 62471 표준을 만족하는 성능을 갖는 것이 필요하다.

VI. 결론

피부질환 치료용 LED 치료기에 대한 기술 개발 현황을 살펴보았다. 광원을 이용한 광선요법에 대해 현재까지 광선요법과 관련된 정확한 의학적 작용기전이 밝혀지지 않고 있으나, 광(빛)을 통해 피부질환 뿐만 아니라 감성까지 치유할 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다. 또한, 새로운 광원으로 각광 받는 LED 칩을 이용한 LED 치료기는 치료 목적에 맞는 정확한 파장을 선정하고 집중적으로 연구 개발하면 부작용이 적으며 수명, 소비전력 등이 우수한 신개념의 의료기로 발전할 수 있는 가능성을 확인하였다. LED 치료기의 개발 시기가 선진 외국 기업들에 비해 늦었지만, 국내 연구진이 보유한 우수한 LED 관련 기반 기술과 탁월한 광선요법 관련 의료기관의 연구 결과를 접목시킨다면 향후 충분한 경쟁력을 갖춘 피부질환 치료용 LED 치료기 개발이 가능함을 확인하였다.

● 용어해설 ●

광선요법(phototherapy): 태양광, 레이저, 형광등, UV 램프 등 다양한 광원을 이용하여 광이 피부내 세포의 생화학적 반응을 촉진하는 원리를 이용하여 피부 조직의 선택적 재생 또는 파괴 등을 통해 손상된 피부를 치료하는 광 의료 기술

● 용 어 해 설 ●

LED(Light Emitting Diode): 발광 다이오드. 전기적 전류를 특정 파장의 빛으로 변환하는 반도체의 일종. 가시광선 LED가 처음 개발된 것을 시작으로, 1960년대 적색 LED, 1970년대와 1980년대 녹색 LED, 1993년 청색 LED가 개발되면서 총천연색의 구현이 가능하게 되었다. 현재 의료용으로 사용 가능한 LED 광원의 파장 영역은 UV~근적외선 영역으로 247~1300nm 파장 대역이다.

약어 정리

ATP	Adenosine Triphosphate
IEC	International Electrotechnical Commission
LLLT	Low Level Light Therapy
NO	Nitric Oxide
PDT	Photodynamic Therapy
ROS	Reactive-Oxygen Species

참고 문헌

[1] R. Roelandts, "A New Light on Niels Finsen, a Century after His Nobel Prize," *Photodermatol Photoimmunol. Photomed.*, Vol.21, 2005, pp.115-117.

[2] D. Barolet, "Light-Emitting Diodes(LEDs) in Dermatology," *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*, Vol.27, 2008, pp.227-238.

[3] M.R. Hamblin and T.N. Demidova, "Mechanisms for Low-Light Therapy," *Proc. SPIE*, Vol. 6140, 2006, pp.1-12.

[4] K. Kalka, H. Merk, and H. Mukhtar, "Photodynamic Therapy in Dermatology," *J. Am. Acad. Dermatol.*, Vol.42, 2000, pp.389-413.

[5] C.R. Simpson, M. Kohl, M. Essenpreis et al., "Near Infrared Optical Properties of Ex-vivo Human Skin and Subcutaneous Tissues Measured Using the Monte Carlo Inversion Tech-

nique," *Phys. Med. Biol.*, Vol.43, 1998, pp.2465-2478.

[6] B.W. Pogue, L. Lilge, M.S. Patterson et al., "Absorbed Photodynamic Dose from Pulsed Versus Continuous Wave Light Examined with Tissue-simulating Dosimeters," *Appl. Opt.*, Vol. 36, 1997, pp.7257-7269.

[7] T.I. Karu, L.V. Pyatibrat, and G.S. Kalendo, "Photobiological Modulation of Cell Attachment via Cytochrome c Oxidase," *Photochem. Photobiol. Sci.*, Vol.3, 2004, pp.211-216.

[8] H.T. Whelan, R.L. Jr. Smits, E.V. Buchman et al., "Effect of NASA Lightemitting Diode Irradiation on Wound Healing," *J. Clin. Laser Med. Surg.*, Vol.19, 2001, pp.305-314.

[9] A. Bibikova and U. Oron, "Regeneration in Denervated Toad(Bufo Siridis) Gastrocnemius Muscle and the Promotion of the Process by Low Energy Irradiation," *Anat. Rec.*, Vol.241, 1995, pp.123-128.

[10] W. Lim, S. Lee, I. Kim et al., "The Anti-inflammatory Mechanism of 635nm Light-emitting-diode Urradiation Vompared with Existing COX Inhibitors," *Lasers Surg. Med.*, Vol.39, 2007, pp.614-621.

[11] S.Y. Lee, K.H. Park, J.W. Choi et al., "A Prospective, Randomized, Placebocontrolled, Double-blinded, and Split-face Clinical Study on LED Phototherapy for Skin Rejuvenation: Clinical, Profilometric, Histologic, Ultrastructural, and Biochemical Evaluations and Comparison of Three Different Treatment Settings," *J. Photochem. Photobiol. B*, Vol.27, 2007, pp.51-67.

[12] D. Barolet and A. Boucher, "LED Photoprevention: Reduced MED Response Following Multiple LED Exposures," *Lasers Surg. Med.*, Vol.40, 2008, pp.106-112.

[13] J. Krutmann, K. Medve-Koenigs, T. Ruzicka et al., "Ultraviolet-free Phototherapy," *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.*, Vol.21, 2005, pp.59-61.