

PDT 의료 장비 기술

한국전기연구원 SOI-KOREA 센터장
강욱

1. PDT 장비의 필요성

통계청이 발표한 바에 따르면, 2006년 한국인 사망원인 중 암이 27%로 가장 높았으며 뇌혈관질환과 심장질환이 각각 12%와 8%로 조사됐다. 우리나라에서 하루 180명이 암으로 사망하는 것으로 노인 인구의 증가와 환경 오염, 현대인들이 받는 각종 스트레스 등의 여러 요인에 의

해 이러한 수치는 감소되고 있지 않다.

암의 병변이나 증상들은 너무나도 다양해서 일률적으로 설명할 수는 없으며, 전문의들도 단순한 육안적 진찰만으로는 확진하기가 매우 힘들다. 정확한 진단을 위해서는 우선 국소마취를 하고 암으로 의심되는 모든 조직 병변의 일부를 잘라내어 현미경으로 조사하는 생검을 해야 한다. 그외에 종양의 침윤 깊이나 전이 등, 병의 확산 정도를 알

〈표 1〉 암 치료 방법의 치료 원리 및 장단점 비교

치료법	치료원리	장단점
수술요법	<ul style="list-style-type: none"> - 수술을 통한 암조직 제거 - 눈으로 확인되지 않은 암세포가 남아 재발하는 것을 방지하기위해 암조직 주위의 정상조직까지 넓게 제거 	<ul style="list-style-type: none"> - 전신마취필요 - 암이 전이되기 전에 시술가능 - 재시술 거의 불가능 - 신경조직 근처의 암 등에는 시술 불가능 - 정상조직 제거로 인한 건강상태 악화
화학요법	<p>암세포가 새로운 DNA를 만들거나 분화하는 것을 방지하는 세포독성약물의 복합 투여</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 암이 전이된 경우도 사용 가능 - 다른 요법과 복합적으로 사용 가능 - 전신요법으로 정상세포도 함께 영향을 받으므로 심각한 약물 부작용 유발
방사선요법	<p>암세포에 X-ray 또는 감마선을 조사하여 유전적 손상을 일으켜 세포 사멸</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 백혈구 감소 등 심각한 부작용 - 정상 세포까지 영향을 미침 - 재시술 불가능
PDT	<p>광민감제를 투여한 후 암세포에 축적되면 암세포에 레이저를 조사하여 화학 반응을 일으켜 암세포를 사멸시킴</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 다른 요법으로 치료 불가능한 곳에도 치료 가능 - 재시술 가능 - 암세포만 선택적 치료 - 국소요법 - 입원 치료기간이 짧음 - 치료율이 높음

아보기 위해서 흉부 X선 검사와 복부의 초음파검사를 비롯해, 방사성 동위원소를 사용한 검사, CT 스캔이나 MRI 등의 정밀검사를 필요에 따라 실시해야한다. 또한 항암치료를 위해서 수술요법, 방사선요법, 항암화학요법 등을 시행하며, 암의 진단과 병력, 환자의 상태와 사회·경제적인 환경을 고려하여 단독 혹은 복합적으로 치료방식을 적용하게 된다.

표 1에서 보여지는 PDT(Photodynamic therapy) 치료는 최근에 의료계에 소개되는 최신 기술로, PDT 용어는 생체 질환 조직에 대한 광의 반응 효과를 뜻한다. 이러한 PDT 치료를 위해서는 광민감성 의약품(Photosensitizer, PS)과 약제가 처리된 질병 부위에 광을 조사하기 위한 광원 장치가 필요하다. 광민감제(PS)는 생체 독성이 없으며 악성 종양 또는 다른 손상된 조직에 선택적으로 축적된다. PS가 축적되는 질환 부위에 PS에 흡수되는 파장을 갖는 여기광(excitation light)을 조사함에 의해 광민감제에서 일부는 형광이 발생하며, 일부는 수산화기(Hydroxyl radicals) 또는 단일항산소(singlet oxygen)의 생성을 도와 산화를 유도하고 PS가 흡수된 암과 같은 질환을 갖는 세포 조직을 괴멸시키게 된다. 단일항산소는 생물 대분자 biomacromolecule와 산화 반응을 하여 세포에 독성 작용이 생기고 암세포만 골라서 파괴시키는 방법으로 정상 조직에는 아무런 영향이 없이 조직의 병소 부위만 선택적으로 괴사시키는 장점이 있다. 따라서 항암제나 방사선치료를 하다보면 몸 전체에 악영향을 미쳐 환자를 치료에 있어 엄청난 고통을 수반하는데 반해, PDT 치료는 암세포만 선택적으로 골라 죽이기 때문에 고통이 적고 후유증도 거의 없는 치료법이다. 또한 반복시술이 가능한 차세대 광치료 방법이다.

최근에 PDT에 사용되는 PS 약제들이 국내에서도 저렴해지고 사용 편리성이 개선됨에따라 PDT 치료를 위한 광원

장치의 개발과 함께 국내 병원에서도 관심이 증가되고 있다. 방광암, 위암, 식도암, 자궁경부암 등의 다양한 암 치료 분야와 함께 여드름과 같은 피부 질환 치료 및 안과 및 성형외과 분야까지 PDT 치료 분야가 확대되고 있는 추세이다.

2. PDT 장비의 종류

PDT 치료를 위해 시판이 허용된 광원 장치들의 개요를 살펴보겠다. 광선 치료 장치는 중증 치료부터 피부 외피의 개선까지 다양한 치료를 위해 의료 및 미용 분야에서 사용하고 있다. 광 치료 장치는 광의 조사 면적에 따라 넓은 범위 사용 및 좁은 범위 사용의 두 그룹으로 분류된다. 한편, 시장 분류에 따라 피부 미용, 의료 분야, 연구 분야 및 생활용품 분야의 네 개의 그룹으로 분류된다.

2.1 넓은 범위 사용 PDT 장비

넓은 범위에서 광을 조사하는 장치는 전반적인 신체 부위를 조명한다. 이러한 광 치료 장치의 구조는 일반적으로 환자의 얼굴에 조명되도록 설계되었다. 가정용품을 위한 간편한 장비도 있지만 이러한 장치는 주로 피부 미용을 위한 정해진 장소에서 사용된다. 이런 조명 장치는 여드름(Acne), 건선(Psoriasis), 백반(Vitiligo), 아토피성피부염(Eczeme)의 질병 치료와 또한 노화 피부 재생 등의 피부 조직 향상을 위해 사용된다. 이러한 장치로는 LED 기반의 넓은 범위 사용을 위한 조명 장치 및 방전 램프 기반 제품이 있다.

2.2. 좁은 범위 사용 PDT 장비

가장 고밀도의 광 출력은 광가이드를 사용한 광원 장치를

통해 공급된다. 이러한 장치의 주요 장점으로서는 환자의 질환 부위까지 광을 쉽게 전달할 수 있다는 것이다. 조명 광은 코우히어런트할 수 있고 그렇지 않을 수도 있다. 현재에는 코우히어런트한 조명 장치는 반도체 레이저의 기반에서 제조된다. PDT의 경우에는 주로 635 nm 및 662 nm의 파장을 이용한다. 광가이드를 내시경 내의 도구 통로를 통해 넣을 경우는 광가이드의 지름은 약 1 mm이다. 그러나 이러한 조명 장치는 다파장의 광을 제공하지 않으며 가격 또한 매우 비싸다. 비코우히어런트한 광가이드 조명 장치는 특성상 가격이 저렴하며 LED나 다양한 램프 기반에서 제작될 수 있다.

3. 한국전기연구원에서 개발된 PDT 장비

일반적으로 PDT 용 광원장치는 할로겐, 크세논(Xenon), 메탈-할라이드(metal-halide), 수은 등 다양한 형태의 램프 사용을 기반으로 한 광섬유 광원이 사용되었다. 이러한 램프들의 선택은 특수한 의료 목적의 수단, 또한 기술적-경제적인 면을 고려한 장비의 제작 요구 등에 의해 선택되었다. 그러나 일반적으로 백색광의 제공과 동시에 PS에 따른 다양한 파장의 광을 제공하는 작업이 필요한 경우에 단일 램프 사용은 최적의 방법을 제공하지 못하였다. 이 경우에 장비 개발자는 특수한 기능의 램프에 의존하거나 동시에 수 개의 램프를 사용하여 단점을 보완하였다.

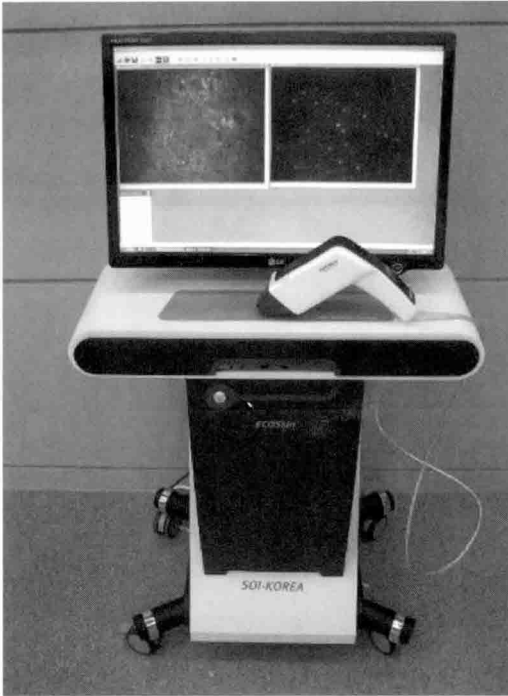
한국전기연구원에서는 다양한 램프들의 사용과 광원을 위한 전원 장치 개발 경험을 바탕으로 가시광 영역에서 최적의 광 출력 및 안정성을 제공하는 PDT 광원 장치를 개발하였다. 개발된 광원은 세계 최초로 5 파장 가시광선 영역을 광 조사할 수 있음으로써 기존의 값비싼 여러 대의 단일 파장 레이저 광원을 대체할 수 있으며, 다양한 PS에 적용 가능하므로 PDT 장비의 사용 편의성 및 저렴

한 가격으로 장비를 제공할 수 있게 되었다.



〈그림 1〉 5파장 PDT 광원 장비

한국전기연구원에서는 피부 암을 포함한 피부 질환의 병변을 실시간으로 칼라 영상으로 선명하게 볼 수 있는 형광(fluorescence) 측정 장비를 현재 개발하여 기술 이전 시키어 곧 시판을 앞두고 있다. 이러한 형광 측정 장비는 피부 질환 부위에서 발생하는 아주 미세한 형광(여기광의 1000배 이상 약한 광)을 칼라 동영상으로 검출하는 기술을 바탕으로 만들어 졌으며, 피부 질환에 흡수된 광이 질환의 특성을 가지고 다시 발생하는 형광을 측정함으로써 보다 정확한 질병을 판별할 수 있다. 이를 통해 PDT 치료를 위한 질병 부위를 발견하는데 어려움을 해결할 수 있다. 따라서 이러한 형광 측정 장비와 함께 PDT 장비의 활용 범위는 크게 증가할 것으로 기대한다.



〈그림 2〉질병 형광 검출 장비

4. 맺음말

PDT 장비로 병소에 $200\text{mW}/\text{cm}^2$ 이상의 일정한 광출력을 제공해야 하므로 예로 40mm 지름의 질환 부위에서 2.5W 출력의 PDT용 Lasers diode를 사용하였다. 레이저 광원의 사용의 편리함에도 불구하고 최근에 개발되는 다양한 PS들에 정확히 맞춘 파장의 레이저들을 구비해야 하는데 따른 가격 부담과 함께 레이저는 국소의 면적을 조사할 수 있으나 넓은 면적의 광치료를 하는데 한계점을 가지고 있다. 보다 큰 면적을 광 조사하기 위해서는 큰 면적을 비추어줄 수 있는 광원이 필요하다. 이러한 면적의 가능한 크기는 얼굴의 경우 약 100mm^2 , 등의 경우는 약 240mm^2 이다. 이러한 대형 램프는 LED 램프 기반으로 구성하는 것이 합리적이다. 그러나 LED 기반의 대형 램프

로 구성하는데 있어 다음과 같은 문제점이 해결되어야 한다: $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 까지의 광의 고 출력 밀도의 획득, 방사열의 효율적인 분산, $20\sim 30\%$ 보다 나쁘지 않은 광의 균일성, 의사가 다루기 쉬우며 환자에게 편리한 장비의 구성. 이러한 문제점들의 해결을 위해서는 보다 특성이 우수한 고휘도 LED 개발이 이루어져야 할 것이다.

최근에는 주목할 부분은 램프 광원들의 개발이 급속히 이루어지고 있는 것이다. 고출력 광원의 크기가 상당히 작아 졌으며 전원 부분도 매우 단순화되고 작동 신뢰성도 높아 졌다. 또한 가격도 저렴해 지고 고출력 램프 광원 부분은 반사경이 장착되어 있어 광섬유 등에 집광시키기가 매우 용이해 졌다. 따라서 가시광 영역에서 레이저 광원을 대체할 수 있을 것으로 판단되며, LED 광원이 아직은 광 의료용 광원으로 부족한 점을 램프 광원이 상당히 보완하고 있으므로 현재는 램프 광원이 레이저 광원을 대체하여 PDT 광원으로 주목받을 것으로 기대된다.