

레이저 치료중 피부 순간 온도상승 측정을 위한 이동형 펄스드 광열 측정기

Portable pulsed photothermal radiometer for skin temperature rise measurement during laser therapy

정병조

연세대학교 보건과학대학 의공학부

bjung@dragon.yonsei.ac.kr

임상용 레이저를 이용한 피부 혈관종의 치료시 피부표면의 순간 온도상승 측정은 치료에 필요한 레이저 에너지를 결정하는 중요한 요소 작용한다. 피부표면의 온도는 다양한 방법에 의해 측정될수 있으나 레이저가 피부표면에 조사되었을때 표면 온도는 순간적으로 상승하기 때문에 time resolution이 낮은 전통적인 온도 측정 방법으로는 측정이 불가능 하다. 펄스드 광열측정(pulsed photothermal radiometry) 방식은 높은 time resolution을 제공하기 때문에 피부 병변의 레이저 치료시 순간적으로 발생하는 온도상승을 정확하게 측정하는 효과적인 방법으로 연구되어 왔다.⁽¹⁾⁽²⁾ 펄스드 광열 측정 방법은 펄스드 레이저를 목표물에 조사하고 이로 인해 발생하는 열을 측정하여 온도를 계측하는 방식으로 중요한 시스템 구성 요소는 적외선 카메라와 레이저라고 할 수 있다. 기존의 펄스드 광열 측정기는 크기가 크고 측정 부위에 따라 사용에 제약이 많았으며 측정 방식이 어렵고 재현성이 떨어지는등 임상 적용에는 많은 제약이 있었다. 따라서 본 연구에서는 임상 적용이 가능한 이동형 펄스드 광열 측정기 개발을 목적으로 한다.

그림 1은 개발된 이동형 펄스드 광열 측정기의 구성도 이다. 시스템의 중요한 구성부는 일체형으로 되어 있는 온도 제어가 된 HgCdZdTe 적외선 검출기 및 AC-coupled 구동회로, 발산되는 적외선을 집적하기 위한 CaF₂ 적외선 렌즈이다. 피부 표면에 레이저 조사를 위해 임상에서 사용되는 pulsed dye laser의 지지부(coupler) 및 재현성 있는 데이터의 획득을 위해 “거리장치 (distance device)”가 추가 되었다. 피부 표면으로부터 발생하는 적외선은 4.5~5 um의 파장 영역의 빛만 검출 되도록 검출기 앞단에 적외선 bandpass 필터를 삽입하였다. 데이터 획득을 위한 sampling rate은 1kHz 였다. AC 신호의 해석을 위해서는 신호에 따른 온도 보정(calibration)이 필요한데 이는 blackbody shutter를 제작하여 기준 온도 측정을 하였으며 시스템 온도 보정(temperature calibration)은 blackbody 보정원을 가지고 이루어 졌다.

그림 2는 개발된 시스템으로 측정된 표면온도가 22도인 blackbody shutter와 표면온도가 57도인 blackbody 보정원과의 온도차로 인해 발생하는 AC 신호를 보여준다. blackbody shutter는 t < 0 일때는 blackbody 보정원을 차단하여 신호의 변화가 보이지 않으나 t > 0 일때 즉 blackbody shutter를 열었을때 적외선 검출기는 변화된 신호를 검출 함을 보여주고 있다. 최종 분석하게 되는 신호는 상기 검출된 신호를 시간에 대해 적분함으로써 얻어지게 된다. 그림 3은 획득된 기준 blackbody shutter (22도)와 손 (33도)의 온도차에 의해 발생한 AC 신호를 적분함으로써 피부표면의 온도를 측정할수 있음을 보여주고 있다. 스템 온도 보정(temperature calibration) 그래프를 사용하여 계산된 온도 차는 10.6도로서 피부 표면의 온도가 기준 blackbody shutter보다 10.6도 높음을 보여주고 있다. 따라서 피부 표면의 절대 온도는 32.6도로서 측정치와 실제 값과는 0.4도의 오차를 보임을 보여준다. 실제 본 시스템이 측정할수 있는 온도차의 오차는 ±0.5 이다.

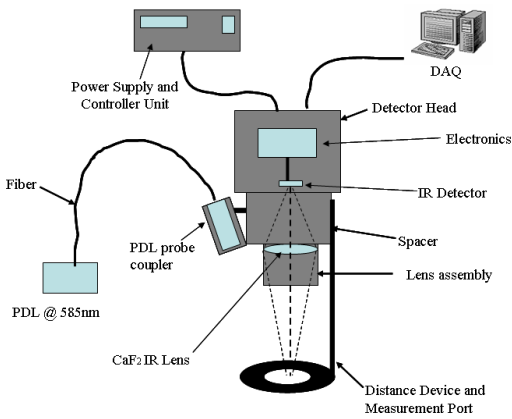


그림 1. 이동형 펄스드 광열 측정기 구성도

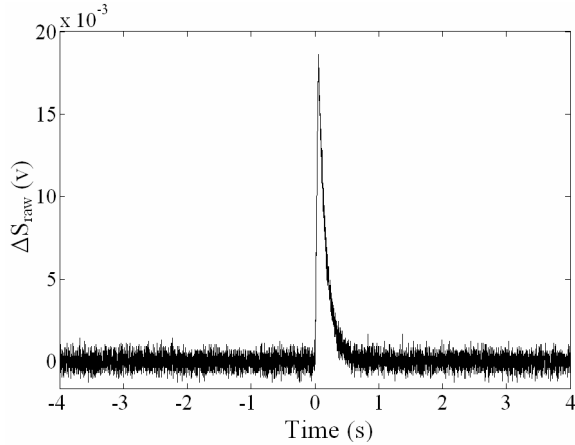


그림 2. 검출된 AC-coupled 신호

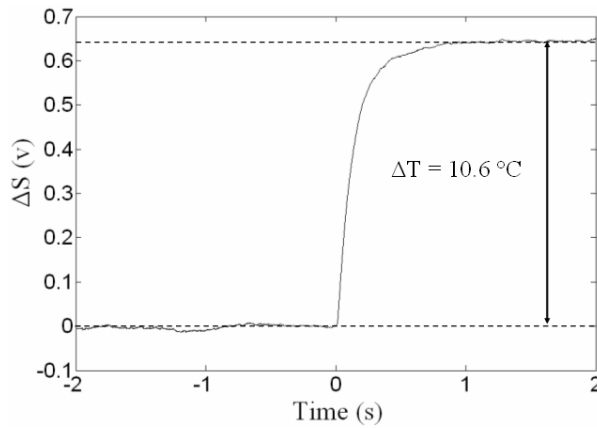


그림 3. 피부 표면의 온도 측정예

본 연구에서 개발한 이동형 펄스드 광열 측정기는 레이저의 임상 치료시 사용되는 치료용 레이저를 사용할 수 있도록 설계 되었으며 치료 시작전 저 출력의 레이저를 조사하여 피부의 온도 상승에 대한 정보를 획득 사용함으로써 치료의 효과를 높일것으로 사료되며 향후 시스템을 소형화하고 자동 측정 및 진단 시스템을 개발하는것을 목적으로 연구를 계속 진행하고 있다.

참고문헌

1. Milner TE, Goodman DM, Tanenbaum BS, Nelson JS, " Depth profiling of laser-heated chromophores in biological tissue by pulsed photothermal radiometry", J Opt Soc Am A 1995;12:1479-1488
2. Eyal O, Scharf V, Katzir A, "Fiber-optic pulsed phototheraml radiometry for fast surface-temperature measurement", Appl Opt 1998;37:5945-5950