

## 온열 치료중 혈류량 변화의 광학적 관찰

### Measurement of blood flow during thermo-therapy

정용희, 허 현, 김법민  
 연세대학교 의공학부 의광학 연구실  
 coyoni@hanmail.net

일반적으로 생체조직의 온도상승은 진통작용, 순환촉진 등의 치료 효과를 나타낸다(표 1 참조). 우리는 이러한 치료효과를 체온에 따른 혈류량의 변화와 상관관계가 있음을 가정하고 이를 non-invasive한 방법으로 직접 측정함으로써 병변의 치유정도나 진행 과정 등을 직·간접적으로 관찰하기 위한 가능성을 연구하였다.

Cellular level	말초신경 흥분, 모세 혈류량 증가, 단백 및 혈구함량 변화...
Tissue level	동맥 및 정맥 혈류의 변화, 조직의 재생, 온도 및 화학적 균형의 변화...
Segmental level	근육의 펌프작용으로 혈관의 혈류 증진 및 림프흐름 증진...
System level	근육의 펌프작용으로 혈관의 혈류 증진 및 림프흐름 증진...

표 1 온도상승에 따라 발생하는 인체의 생리적 변화

본 실험에서 실시한 optical diffuse reflectance measurement는 chopper를 통해 modulation된 광원을 multi-mode source fiber를 거쳐 조직 내로 입사시키고 입사된 광원은 조직 특성에 따라 흡수와 산란과정을 거친 후 조직을 투과한 photon만을 일정거리에 위치한 별도의 Detector를 통해 검출한다. 검출된 photon 들은 photo diode를 통해 전압으로 전환되고 pre-amplifier를 거쳐 Lock-in amplifier에서 최종적으로 증폭된 전압신호를 사용하여 혈류량 변화에 따른 유동요소를 관찰한다. (그림 1 참조).

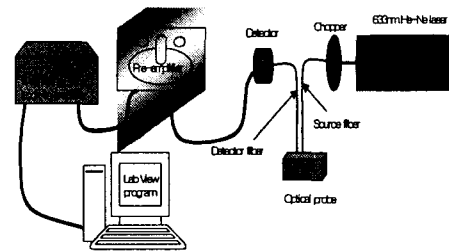
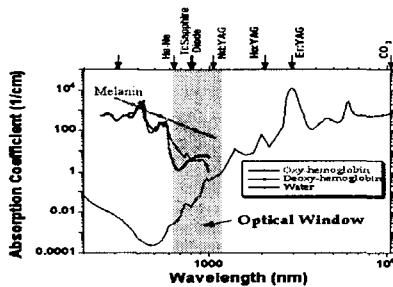


그림 1 광원특성과 Optical Diffuse reflectance기법의 구조

실험간 사용한 He-Ne lasers는 가시광선 영역의 633nm의 파장을 가지며 이는 헤모글로빈의 흡수도가 비교적 낮은 영역의 파장과 일치한다. (그림 1 참조). 헤모글로빈의 영향을 좀더 민감하게 측정하기 위하여 보다 짧은 파장의 가시광선을 사용 할 수도 있었지만 이 경우 표면 투과 깊이가 제한되기 때문에 조직 깊은 곳에서의 변화를 관찰하기에 부적합하다.

Detector로는 Si-Pin photo detector를 사용하였으며 최종적으로 검출된 신호는 DAQ-board를 통해

data화하였다. 얻어진 데이터를 통해 혈류량의 변화를 관찰하는 방법은 다음과 같다. 피부온도의 증가와 함께 피부 조직 내로 흐르는 혈류량이 증가하고 이는 곧 피부조직 자체의 부피나 피부의 굴절을 및 조직내의 collagen 섬유구조 등을 변화시킨다. 아울러 혈류량 증가에 따른 헤모글로빈농도의 증가 등 일련의 영향들에 의해 피부의 optical property에 변화가 발생한다. 특히 헤모글로빈의 농도증가로 피부 조직의 흡수계수가 증가하게 되고 이는 조직 내를 투과하는 빛에 대한 흡수를 증가시키게 되므로 photo diode에 도달하는 photon의 감소로 인해 측정전압이 낮아지게 된다.

생체조직의 혈류량 관찰 실험에서는 먼저 한방에서 사용하는 뜬을 이용하여 피부표면에 약 30~42℃의 온도를 부여한 후 실험부위의 혈류량 변화를 관찰하였고 다음으로 원적외선 온열 치료기를 사용한 실험에서는 피 실험자의 팔에 밀착형 optical probe를 제작 사용하여 1000sec동안의 혈류량의 변화 과정을 관찰하였다.

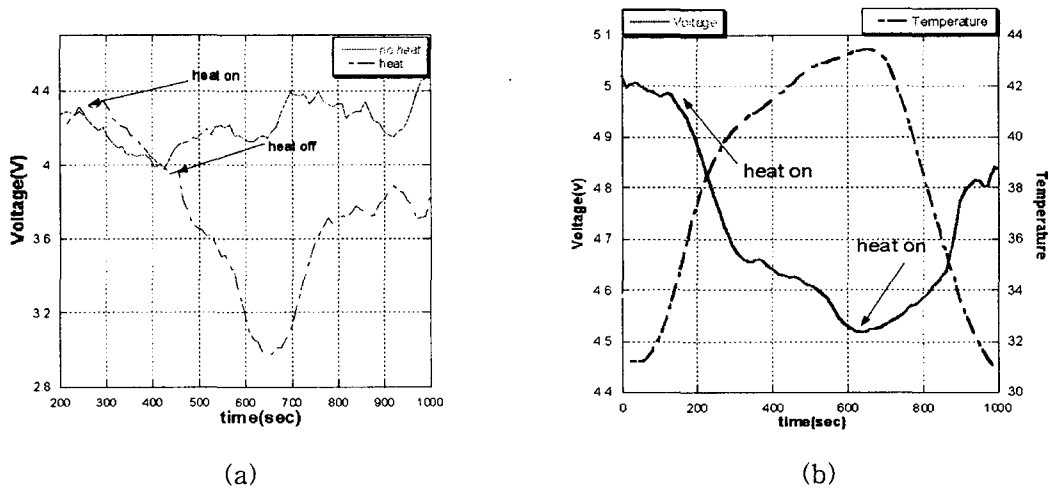


그림 3 (a)뜸과, (b)원적외선 온열 치료기를 사용한 생체조직의 혈류량 관찰 결과

그림3 에서 알 수 있듯 뜬을 놓기 전의 그래프는 비교적 일정한 전압분포를 보여주지만 뜬을 놓은 후 피부표면의 온도상승에 의해 heat on된 지점부터 전압변환 값이 낮아진다. 원적외선 치료기를 사용한 실험의 경우는 마찬가지로 heat on부분에서는 전압의 하강하였으며 heat off된 지점서부터 서서히 resting상태로 전압변환 값이 변화한다. 피부표면 온도가 증가하게 되면 혈관의 확장과 더불어 혈류가 증가하게 되고 이는 실험부위가 붉은 색으로 변함으로써 알 수 있다. 피부 주위로 혈액이 응집됨으로 인해 동일 위치의 헤모글로빈의 농도 또한 증가하게 되고 이는 실험부위의 optical property에 변화를 가져오게 된다. 이러한 optical property의 변화가 혈류량 변화의 중요한 관찰 조건이 된다. 혈류량의 변화를 혈액내의 헤모글로빈의 농도변화로 간주하여 이를 optical diffuse reflectance measurement를 사용하여 변화정도를 관찰하였다. 본 실험을 통해 온열치료 및 저주파 전기 치료시 치료효과에 대한 객관적인 판단과 혈류량 변화의 정량적인 계측이 가능하리라 사료된다.

참고자료

1. Shu-Jen Yeh, "Temperature dependence of optical properties of in-vivo human skin", Optical Tomography and Spectroscopy of Tissue IV, 2001
2. Edited by Ashley J. Welch and Martin J.C van Gemert, Optical-thermal response of laser-irradiate tissue, Lasers, Photonics, and Electro-optics, 1995
3. Arthur Vander, Human physiology - eight edition, McGraw-Hill Higher education, 1995