

## 근육의 근적외선산란화상으로부터 분리거리에 따르는 감쇠값의 결정과 해석

리영우, 변영희

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《체육기술을 발전시키기 위하여서는 체육과학연구사업을 강화하여야 합니다.》

(《김정일선집》 증보판 제11권 341~342페이지)

최근 체육선수들의 운동능력측정에 근적외선을 리용한 근육산소측정기가 널리 리용되고있다. 이 측정기는 생체조직에서 근적외선의 흡수와 산란을 측정하는데 기초하고있다.

생체조직에 대한 분광학적연구에서는 일반적으로 생체조직을 공기와 접촉한 반무한매질로, 광원과 검출기는 일정한 거리(분리거리)를 두고 공기쪽에 놓여있다고 보는 물리적모형을 리용하고있다.[3] 《NIRO-300》이나 《ISS OxiplexTS》와 같은 전용근육산소측정기들에서는 필요에 따라 단일 또는 다중검출기를 리용하며 측정대상에 따라 분리거리를 조절하게 되어있다. 한편 근육에서 피흐름동력학을 연구하는데서 근육산란화상측정수감부로 CCD촬영기를 리용하고있다.[4]

우리는 근적외선CCD촬영기를 근육의 산란화상에 대한 검출기로 리용하면 촬영기의 매 화소가 다 검출기로 작용하므로 분리거리가 각이한 여러개의 단일검출기들을 동시에 리용하는것과 같은 효과가 나타나며 따라서 1개 화상을 가지고도 분리거리에 따르는 감쇠변화를 해석할수 있다는것을 리론적으로 밝혔다.[1, 2]

논문에서는 반무한매질모형에 기초한 산란화상을 측정하는 장치를 제작하고 측정한 산란화상에 대하여 분리거리에 따르는 감쇠값의 변화특성을 해석하였다.

### 실험 방법

산란화상측정장치는 전원단, 화상수감부와 컴퓨터로 구성하였다. 화상수감부는 파장이 920nm인 근적외선발광2극소자와 근적외선CCD촬영기로 구성하였다. 전원단에는 CCD촬영기의 구동전원과 근적외선LED의 전원이 들어있으며 촬영기의 포화를 막기 위해 LED에 흐르는 전류를 조절하게 하였다.

화상수감부를 팔뚝근육에 고정하고 화상측정프로그램에 의하여 단일화상을 측정하였으며 옷팔에 혈압계를 설치하고 압력을 변화시키면서 근육산란화상들을 측정하였다.

### 실험결과 및 해석

감쇠값의 결정과 그 분포 측정한 화상을 러파 및 평활하고 회색세기화상으로 변환한 다음 화소값행렬  $R$ 를 식  $A = -\lg R$ 를 리용하여 감쇠값행렬  $A$ 로 변환하였다. 감쇠화상에서 매개 화소값은 일정한 분리거리에서의 감쇠값에 해당된다.

팔근육의 산란화상과 감쇠화상은 그림 1과 같다. 그림에서 왼쪽가운데에 있는 반원모양의 화상은 근적외선LED의 외피화상이다.

얻어진 화상에서 감쇠값의 분포는 그림 2와 같다.

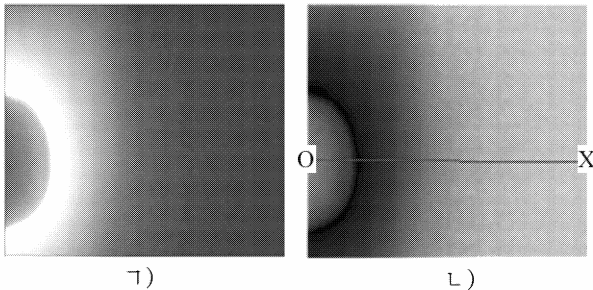


그림 1. 팔근육의 근적외선산란화상(a)과 감쇠화상(b)

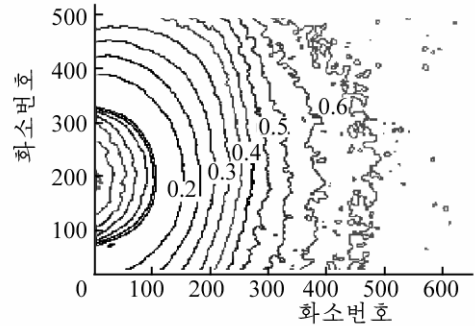


그림 2. 산란화상에서 감쇠값의 분포

그림 2에서 보는바와 같이 근육조직에 의한 감쇠값은 기본적으로 0.2~0.5사이로 분포되어있으며 근육조직이 광학적으로 비교적 고르롭다는것을 알수 있다.

분리거리에 따르는 감쇠값변화 산란화상에서 매 화소값들은 1개의 점출점에서의 감쇠값에 해당되므로 분리거리에 따르는 감쇠값을 결정하자면 빛의 입사점으로부터 매 화소까지의 실제적거리를 결정해야 한다. 화소사이의 거리는 측정화상의 크기로부터 0.003 2cm이다.

그림 2의 OX방향에서 분리거리에 따르는 감쇠값변화를 계산한 결과는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 분리거리가 멀어짐에 따라 감쇠값은 처음에 완만하게, 다음에는 선형적으로 커지다가 다시 완만하게 변한다. 근적외선LED의 빛세기를 증가시키면 첫 구간이 길어지는데 이것은 CCD촬영기의 특성(포화)과 관련된다. 그러나 다른 구간에서는 감쇠곡선의 모양이 달라지지 않는데 이것은 감쇠값의 변화구간을 3개의 구간으로 나누어 고찰할수 있다는것을 보여준다.

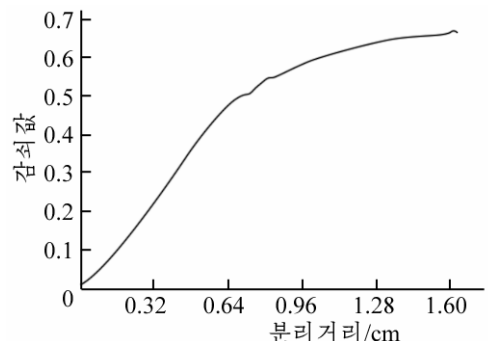


그림 3. 분리거리에 따르는 감쇠값변화

피흐름량에 따르는 감쇠값변화 혈압계를 리용하

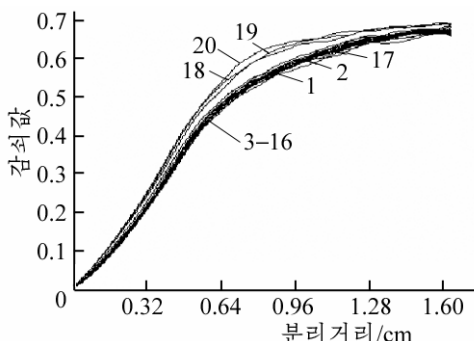


그림 4. 피흐름량에 따르는 감쇠값변화  
1-20은 화상번호

여 각이한 압력으로 옷팔을 조이면서 20개의 산란화상렬을 측정하였다. 측정한 화상렬에서 동일한 화소에 대한 감쇠값변화를 계산한 결과는 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 피흐름량이 변할 때 일정한 분리거리에서 분리거리에 따르는 감쇠경사의 변화가 나타난다.

근적외선산란빛을 리용하는 공간분해분광법[4]에서는 분리거리에 따르는 감쇠경사값에 의하여 근육산소합량을 측정한다.

그림 4의 자료로부터 감쇠곡선의 선형성이 보장되는 구간(분리거리 0.16~0.48cm)에서 압력에 따르는 감쇠경사를 계산한 결과는 그림 5와 같다.

그림 5에서 보는바와 같이 압력이 낮아질수록 즉 피흐름량이 증가할수록 감쇠경사가 커진다.

실험결과로부터 측정된 화상열에서 감쇠경사 변화를 측정하여 근육속에서의 피흐름량과 산소함량의 변화를 정량적으로 평가할수 있다는것을 알수 있다.

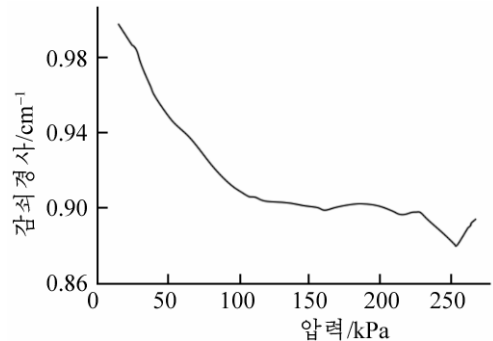


그림 5. 압력에 따르는 감쇠경사변화

## 맺는 말

반무한매질모형에 기초하여 근육의 근적외선산란화상을 측정하는 장치를 제작하고 팔근육의 산란화상을 측정하였다.

산란화상으로부터 분리거리에 따르는 감쇠곡선을 얻고 피흐름량에 따르는 변화특성을 해석하였다. 결과 일정한 분리거리에서 감쇠경사가 근육에서 피흐름량변화에 민감하며 따라서 산란화상으로부터 근육속에서의 피흐름량과 산소함량을 정량적으로 평가할수 있다는것을 확증하였다.

## 참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 11, 88, 주체103(2014).
- [2] Ri Yong Wu et al.; arXiv.org/abs/1409.4246,12.9. 2014.
- [3] S. P. Gopinath et al.; J. Neurosurg., 79, 43, 1993.
- [4] Manan Goel; Characterization and Feasibility Study of a Near Infrared CCD Imager for Monitoring Tumor Hemodynamics, University of Texas at Arlington, 11~60, 2006.

주체106(2017)년 1월 5일 원고접수

## Determination and Analysis of Attenuation along Separation Distance from NIR Scattering Images of Muscle

Ri Yong U, Pyon Yong Hui

We developed the instrument for measuring scattering image of muscle based on semi-infinite medium model and measured NIR scattering images of forearm muscle. Moreover, we obtained the attenuation change curves along separation distance from the scattering images and analyzed the attenuation changes according to changes in blood flow.

The results showed that image range, which the attenuation slop was constant, was sensitive to change in blood flow of muscle.

Key words: NIR, scattering image, muscle