

근육산소측정기에 적합한 광원의 빛세기설정방법

리영우, 변영희, 심지연

정애하는 최고령도자 **김정은**동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《체육의 과학화는 체육발전의 위력한 추동력입니다.》

운동에 대한 근육의 응답을 정량화하는것은 체육선수들의 운동능력을 개선하고 부상 가능성을 낮추는데서 매우 중요하다. 현재 근육의 운동에 대한 정량적인 정보를 주는 근육산소측정은 체육부문에 널리 응용되고있다.[5]

우리는 이미 근육의 근적외선산란화상을 리용하여 근육산소를 측정하는 방법을 제기하였다.[1, 2] 여기서는 CCD촬영기를 리용하여 얻은 근육산란화상으로부터 분리거리(광원과 검출기사이의 거리)에 따르는 산란빛의 감쇠변화(감쇠곡선)를 얻어내고 일정한 분리거리에서 감쇠경사값을 구하여 헤모글로빈성분들의 상대농도와 산소포화도를 결정한다.

근육조직의 산란모형에서 산란빛의 세기는 매질이 주어진 경우 광원의 빛세기(입사빛의 세기)와 광원과 검출기사이의 거리(분리거리)에 관계된다. 광원의 빛세기가 클수록 침투깊이가 증가하며 그에 따라 분리거리도 커진다. 보통의 근육산소측정기[4, 5]들에서는 분리거리가 고정되어있기때문에 그에 적합한 광원의 빛세기를 결정하는 문제가 어렵지 않다. 그러나 산란화상측정에 기초한 근육산소측정기에서는 산란화상의 매개 화소값이 하나의 산란빛수감값이므로 측정에 적합한 광원의 빛세기를 결정하는것이 어려운 문제로 제기된다.

우리는 근육산소측정기에서 광원의 빛세기가 변할 때 어떤 형태의 감쇠곡선이 얻어지는가를 해석하고 측정기에 가장 적합한 광원의 빛세기를 설정하는 방법에 대하여 고찰하였다.

실 험 방 법

실험에서 리용한 근육산소측정기에서 광원은 극대파장이 각각 740, 850nm인 LED이고 수감소자는 CCD촬영기(20BC, 640×480화소)이다. 2개의 LED사이의 거리는 0.5cm, 측정된 화상에서 화소사이의 실제거리는 0.003 2cm이다. 장치에서는 매 광원에 각기 련결된 가변저항(500Ω)의 단자(12개의 단자, 단자 1에는 최대, 단자 12에는 최소저항이 대응)가 설정되는 방법으로 매 광원의 빛세기가 일정한 구간에서 독립적으로 세밀하게 조종되게 된다.

실험결과 및 고찰

실험에서는 화상수감부를 근육의 일정한 부위에 댄 다음 740 및 850nm광원의 빛세기를 변화시키면서 산란화상들을 측정하였다. 측정된 산란화상의 매 화소에는 하나의 분리거리(ρ)가 대응되므로 동일한 분리거리에 속하는 화소들의 감쇠값들을 평균하여 평균감쇠값(\bar{A})을 구하고 그것을 모든 분리거리에 대하여 계산하면 평균감쇠곡선이 얻어진다.[3]

그림 1, 2에 740 및 850nm광원의 빛세기변화에 따르는 근육의 평균감쇠곡선을 보여주었다. 그림 1, 2에서 감쇠곡선들의 번호는 가변저항단자번호와 일치한다.

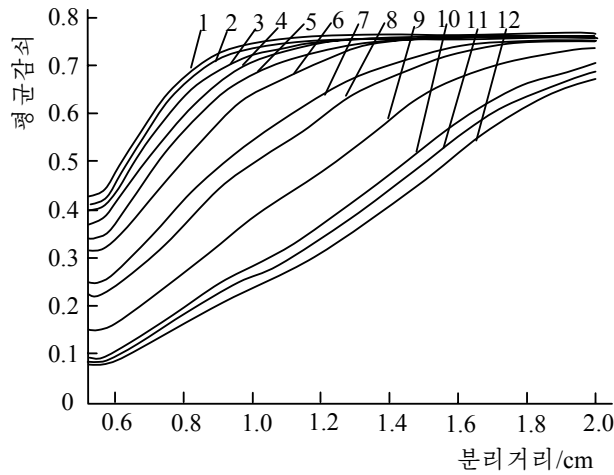


그림 1. 740nm광원의 빛세기에 따르는 근육의 평균감쇠곡선

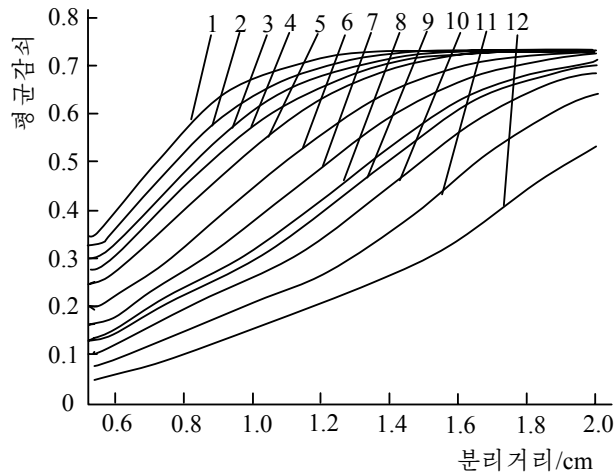


그림 2. 850nm광원의 빛세기에 따르는 근육의 평균감쇠곡선

그림 1, 2로부터 광원의 빛세기가 커지면 전반적인 평균감쇠값이 작아지고 평균감쇠값이 선형인 분리거리구간이 길어지며 감쇠곡선의 모양도 달라진다는 것을 알 수 있다.

광원의 빛세기가 너무 크면 촬영기의 포화가 일어나 S자형의 감쇠곡선[1, 2]이 얻어지지 않는다. 그림 1, 2로부터 분리거리를 최대 1.5cm까지 선정할 때 740nm광원에서는 평균감쇠곡선 1~6이, 850nm광원에서는 평균감쇠곡선 1~4가 S자형곡선으로 된다는 것을 알 수 있다.

근육산소측정에서는 두 광원의 빛행로가 측정되는 근육영역에서 동일한 분리거리를 가져야 한다. 그림 1, 2로부터 740, 850nm의 광원에서 각각 선정된 S자형감쇠곡선들에 대하여 변곡점에서의 감쇠경사[3]를 구하였다. 그리고 감쇠값이 선형적으로 변하는 분리거리구간 즉 감쇠경사가 일정한 분리거리구간에서는 두 파장에서의 감쇠경사만 구하면 헤모글로빈성분들의 농도를 각각 구할 수 있으므로[3] 평균감쇠곡선이 선형인 분리거리구간을 구하였다.(표 1)

표 1. 선정한 S자형감쇠곡선들의 변곡점에서의 감쇠경사와
평균감쇠곡선이 선형인 분리거리구간

740nm광원				850nm광원			
곡선 번호	변곡점	감쇠 경사	선형인 분리거리구간/cm	곡선 번호	변곡점	감쇠 경사	선형인 분리거리구간/cm
1	0.70	0.890	0.55-0.80	1	0.73	0.807	0.58-0.93
2	0.70	0.902	0.56-0.87	2	0.74	0.776	0.58-0.95
3	0.70	0.904	0.56-0.93	3	0.75	0.740	0.58-1.01
4	0.71	0.908	0.56-0.97	4	0.76	0.716	0.58-1.07
5	0.72	0.888	0.57-1.01				
6	0.74	0.801	0.56-1.05				

표 1로부터 740nm광원의 감쇠곡선 3과 4에서, 850nm광원의 감쇠곡선 1과 2에서 평균 감쇠곡선이 선형인 분리거리구간이 거의 일치한다고 볼수 있다. 또한 740nm광원에 대하여 감쇠곡선 5와 6에서, 850nm광원에 대하여 감쇠곡선 3과 4에서도 선형인 분리거리구간이 거의 일치한다.

이로부터 이 곡선들을 서로 쌓지어 평균감쇠곡선의 선형성이 일치하는 분리거리구간에서 헤모글로빈성분들의 농도와 근육산소포화도변화를 고찰하였다.(표 2)

표 2. 선정한 곡선조제에 따르는 광원의 빛세기로 측정한 헤모글로빈성분들의 상대농도와 산소포화도

선형성이 일치 하는 분리거리 구간/cm	곡선번호		데 옥시헤모글로빈 상대농도 /(mmol·L ⁻¹)	옥시헤모글로빈 상대농도 /(mmol·L ⁻¹)	총헤모글로빈 상대농도 /(mmol·L ⁻¹)	근육산소 포화도/%
	740nm 광원	850nm 광원				
0.7~0.97	3	1	0.065	0.539	0.604	89
		2	0.069	0.514	0.580	88
	4	1	0.066	0.539	0.605	89
		2	0.070	0.514	0.584	88
0.7~1.07	5	3	0.071	0.488	0.559	87
		4	0.075	0.469	0.544	86
	6	3	0.054	0.498	0.552	90
		4	0.058	0.478	0.536	89

표 2로부터 다음의 사실을 알수 있다. 감쇠곡선이 선형인 분리거리구간 0.7~0.97cm에서는 740nm광원의 가변저항을 단자 3 또는 4, 850nm광원의 가변저항을 단자 1 또는 2에 각각 설정하고 측정해도 측정값들이 별로 차이가 없다.

마찬가지로 분리거리구간이 0.7~1.07cm인 경우에는 740nm광원의 가변저항단자를 5 또는 6, 850nm광원의 단자를 3 또는 4의 어느 경우를 설정해도 실험결과에서는 큰 차이가 없다. 그런데 근육에 대한 광원의 침투깊이가 분리거리의 약 절반[6]이므로 깊이가 0.5cm 정도의 근육에 대한 측정에서 분리거리구간 0.7~1.07cm가 의의가 있다고 본다.

이와 같은 방법으로 근육산소측정기에 들어있는 두 광원의 빛세기를 세밀조절하면 보다 깊은 근육에서 정확한 측정값들을 얻을수 있다.

맺 는 말

근육산소측정기에서 광원들의 빛세기에 따르는 감쇠곡선들의 형태변화를 해석하고 주어진 장치에 알맞는 광원들의 빛세기를 설정하는 방법에 대하여 서술하였다. 이 방법을 적용하여 제작한 근육산소측정기의 교정을 진행하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성 종합대학학보 화학, 64, 2, 46, 주체107(2018).
- [2] 리영우 등; 화학과 화학공학, 3, 2, 주체105(2016).
- [3] 심지연 등; 조선민주주의인민공화국과학원통보, 3, 61, 주체109(2020).
- [4] S. Demarie et al.; J. Sports Med. Phys. Fitness, 41, 448, 2001.
- [5] Parisa Farzam et al.; Physiological Report, 6, 7, 13664, 2018.
- [6] Ben Jones et al.; Journal of Biomedical Optics, 19, 6, 067005, 2014.

주체109(2020)년 7월 5일 원고접수

Light Intensity Setting Method of Light Source Suitable to Muscle Oxygen Meter

Ri Yong U, Pyon Yong Hui and Sim Ji Yon

We interpreted change of attenuation curve shape according to intensity of light sources in a muscle oxygen meter and established a method for setting intensities of light sources suitable to the device.

Muscle oxygen meter manufactured by this method was calibrated.

Keywords: muscle oxygen, scattering image