

## 근적외선 반사를 이용한 인체 팬텀의 글루코즈 농도 측정 Phantom Glucose Measurement by Near Infrared Reflection

전계진\*, 황인덕, 조혜민, 한상준, 윤길원  
삼성종합기술원 메디컬 응용팀  
kjjeon@sait.samsung.co.kr

혈당의 비침습적인 측정의 필요성은 잦은 채혈로 인한 감염의 우려, 필요할 때마다 채혈의 고통 없이 혈당을 측정할 수 있다는 장점 때문에 지난 20여 년 동안 활발히 연구되어 왔다. 근적외선 및 원적외선 흡수분광법, 라만분광법, Polarization rotation 또는 Stimulated Raman 측정법, 온도측정법, 통계적 분석법, 전처리연구 등 많은 분야에서 접근하고 있지만 아직까지는 *in vivo* 측정에 성공하고 있지 못하고 있다 [1]. 이들 중 가장 주목받는 분야는 근적외선을 이용한 비침습적 측정 방법인데 이는 생체의 광투과 특성이 다른 영역에 비해 우수하고 글루코즈의 overtone band와 combination band가 존재하는 영역이기 때문이다. 인체는 다중 산란 매질이기에 때문에 글루코즈 농도가 변화할 때 매질의 흡수 뿐만 아니라 산란특성도 변하게 된다. 그 산란 특성의 차이는 흡수변화보다 커서 스펙트럼 변화의 영향을 더 많이 가져오게 된다. 그러나 생체조직의 산란특성은 인체 상태와 부위마다 다르며 혈액중의 Triglycerides(지질) 양에 따라 민감하게 변화한다. 또한 파장의 특이성이 없으며 산란입자의 크기, 모양, 밀도에 따라 파장 경향성을 갖게 된다. 따라서 실험 샘플을 글루코즈 뿐만 아니라, 산란자의 농도를 다르게 해주어서 산란 변화가 있는 계의 혈당농도 예측 여부를 확인하였다.

Foss-NIRSystems사의 6500(Foss NIRSystems, USA)를 이용하여 실험계획법을 통해 얻어진 tissue phantom 21개에 대해 400~2500 nm 영역에서 산란 반사 스펙트럼으로부터 effective absorbance spectra를 얻었다. 1100-2500 nm 영역에서 생체 조직과 유사한 intralipid의 농도를 같은 geometry를 갖는 조건에서 측정해본 결과 약 4%임을 확인하였다 [Fig.1].

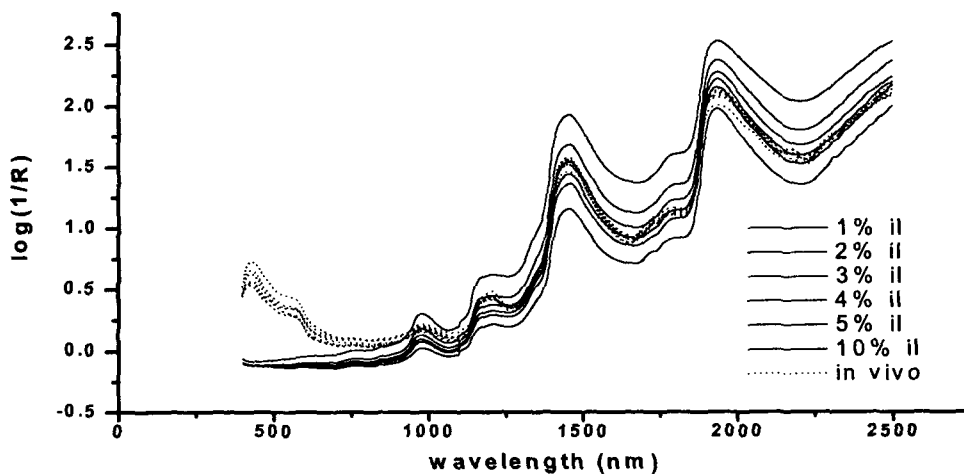


Fig1. Reflectance spectra from inner arm of human body and intralipid having various concentration.

생체 조직을 산란자의 농도 변화를 시뮬레이션하기 위하여 산란자의 농도를 3개의 수준(4%, 4.08%, 4.16%)으로 조절하였으며 글루코즈의 농도도 인체의 생리학적 범위에서 7수준(0, 100, 200, 400, 600, 800, 1000 mg/dl)으로 구성하였다. 농도추정 모델은 Partial Least Squares Regression(PLSR)을 적용하였는데 이를 위하여 Pirouette3.02 (Infometrix) 다변량 통계분석 프로그램을 사용하였다. 산란 효과를 보상하기 위해 multiplicative scatter correction (MSC)를 적용하였고 여러 파장 영역을 나누어서 분석하였다. 분석한 결과를 Table 1에 나타내었는데 글루코즈 overtone 대역인 1100-1888 nm 가 가장 좋은 결과를 보여주며, combination band 인 2044-2392nm 영역은 SEV가 큰 값을 가지는데 이는 매질의 흡수가 산란보다 훨씬 크므로 산란 반사되어 나오는 정보가 매우 작으며 또한 반사된 대부분의 빛은 매질을 거의 투과하지 않은 빛이기 때문에 매질의 정보가 거의 없다고 볼 수 있다.

Table 1. Prediction of glucose concentration using different spectral regions. Spectra of all 42 samples were used and the region of 1100-1888nm is the best accuracy

wavelength region	Pre-Processing	Transform	# of factor	SEV	R Val	SEC	R Cal
400-2498	None	None	Factor9	48.4781	0.990336	18.82039	0.998836
	None	MSC	Factor8	53.0503	0.988291	22.80898	0.998238
	Autoscale	None	Factor7	67.47652	0.980871	38.81673	0.994887
	Autoscale	MSC	Factor9	40.72966	0.99326	8.549516	0.999767
	Mean-Cent.	None	Factor8	44.61588	0.991749	20.36588	0.998637
	Mean-Cent.	MSC	Factor8	50.62841	0.989375	16.0477	0.999154
1100-2498	None	None	Factor8	48.57729	0.990239	20.56863	0.998567
	None	MSC	Factor8	54.96275	0.987376	22.09254	0.998347
	Autoscale	None	Factor8	68.35408	0.980575	19.6536	0.99873
	Autoscale	MSC	Factor7	58.30446	0.985861	22.08784	0.998348
	Mean-Cent.	None	Factor8	46.13664	0.991245	17.49582	0.998994
	Mean-Cent.	MSC	Factor7	54.96257	0.987375	22.09254	0.998347
1100-1888	None	None	Factor9	22.19765	0.997943	10.11072	0.999664
	None	MSC	Factor8	27.52865	0.99683	12.31007	0.999487
	Autoscale	None	Factor7	21.06759	0.998146	16.3063	0.999099
	Autoscale	MSC	Factor8	19.22554	0.998455	8.487147	0.999763
	Mean-Cent.	None	Factor7	18.52403	0.998565	12.40271	0.999479
	Mean-Cent.	MSC	Factor7	27.53006	0.99683	12.31005	0.999487
2044-2392	None	None	Factor6	126.2423	0.931687	80.4316	0.976541
	None	MSC	Factor5	120.2263	0.937758	77.03759	0.977897
	Autoscale	None	Factor5	125.5169	0.932034	80.6135	0.976434
	Autoscale	MSC	Factor4	127.9059	0.929947	80.45699	0.975866
	Mean-Cent.	None	Factor6	119.3809	0.938714	71.5293	0.982012
	Mean-Cent.	MSC	Factor4	120.2154	0.93777	77.0376	0.977897

Acknowledgement

본 연구의 일부는 과학기술부 국가지정연구실(2000년 생체분광학연구실) 프로그램에 의해 지원되었음.

참고문헌

1. OS Khalil, "Spectroscopic and clinical aspects of noninvasive glucose measurements", Clin. Chem. 45, 165-177, (1999)