

인체의 피부조직과 유사한 광 팬텀 제작 및 Fat 두께 측정

Measurement of Fat thickness and optical phantom manufacture similar to human skin tissue

호동수*, 황인덕**, 김범민*
 * 연세대학교 보건과학대학 의공학과
 ** 삼성 종합기술원
 * dsho@yonsei.ac.kr

빛의 파장에서 600-1300nm 영역은 'Optical Window'라고 하는데 이 부분에서는 물과 혈액에 대한 흡수가 작아서 피부 파장과 조직의 종류 그리고 그 조직의 특성 상태에 따라 다르게 나타나게 되는데 생체 조직 내의 광학적 특성에 따라 영향을 받게 된다. 인체의 피부조직에는 빛이 조직에 입사함에 따라 광학적 특성(optical property)이 존재한다. 이 광학적 특성에는 흡수계수(Absorption coefficient : μ_a)와 산란계수(Scattering coefficient : μ_s), 굴절률(Refractive index : n)과 이방성계수(Anisotropy factor : g)등이 있다. 본 연구에서는 인체 조직과 유사한 팬텀을 만들어 각각의 지방의 두께에 따른 광학적 특성을 이용하여 체지방의 두께를 측정할 수 있는 토대를 마련하는데 그 의의가 있다.

본 론

Optical Phantom은 생체 조직과 가장 유사한 광학적 특성을 갖는 물질을 만드는 것이므로 파장별로 생체 조직이 갖는 흡수, 산란의 정도를 고려하여 제작할 수 있다. 우리의 경우 770nm 파장의 광학 계수를 이용하여 Phantom을 제작 하였다.

파장	n	흡수 계수	산란 계수	g
Epidermis	1.37	23.8	97.4	0.81
Dermis	1.37	1.089	97.4	0.81
Fat	1.37	0.002	1.5	0.81
Muscle	1.37	0.03	0.7	0.81

색소물질(흡수)	neutral red, trypan blue, melanine powder
흰색물질(산란)	intralipid, titaniumdioxide, milk

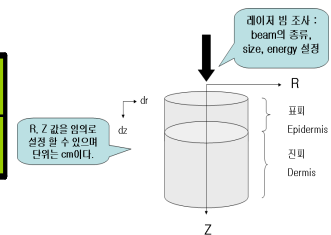
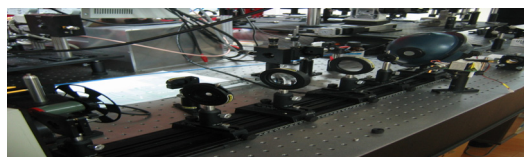
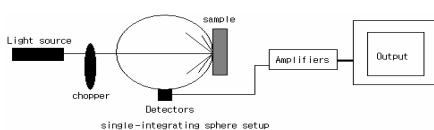


그림 1. 770nm 파장의 팬텀에 대한 광학계수와 그 형태

Optical Phantom을 제작하기 위해서는 흡수 물질과 산란 물질이 필요하다. 흡수물질로는 neutral red, trypan blue, melanine powder를 사용하였고, 산란 물질로는 intralipid, Milk, Milk power를 사용하였다. 실험 시 흡수와 산란은 따로 생각하며 흡수물질에도 약간의 산란, 산란물질에도 약간의 흡수가 있지만 이것은 미세하므로 실험 시 무시하였다. 예를 들어 Fat은 $\mu_a \ll \mu_s$ 이므로 산란 물질만 가지고 제작하였고, Muscle의 경우 $\mu_a \gg \mu_s$ 이므로 흡수 물질만으로 Optical Phantom을 제작하였다. Optical Property를 알고 있는 경우 적정 농도의 흡수, 산란 물질을 증류수와 섞어준다. 이때 젤라틴(Jelatine)을 넣어 Phantom을 굳혀주는데 이때의 적정 온도는 60 ~ 70 °C 정도 이다. 증류수와 흡수 또는 산란물질, 젤라틴이 모두 녹아 균일해지면 일정한 틀에 넣어 냉장 보관한다.

< IS system의 개략도 >



적분구 측정방법은 위와 같은 개략도에 의해 동작한다. 먼저 light source는 할로겐램프를 사용하였다. 할로겐 램프는 안정적인 빛을 제공하므로 광학기에 흔히 쓰인다. 램프의 빛은 초퍼를 통과하는 데 초퍼는 빛을 잘라주는 역할을 한다. 초퍼를 통과하는 빛은 초퍼의 속도에 따라 Frequency를 가지게 된다. 초퍼를 통과하는 빛은 적분구를 통과하게 되는데 적분구는 99.9%산란하는 물질로 이루어져 있다. 적분구에 샘플을 어디에다 부착하여 측정하는지에 따라 흡수와 산란을 알 수 있다. 적분구 내의 빛은 포토다이오드인 디텍터에 의해 검출이 되는데 포토다이오드는 빛을 전압으로 바꾸어 주는 역할을 한다. 이 전압은 Rock-in amplifier에 의해 phase 조절과 time constance를 조절 할 수 있고, 전압 값을 볼 수 있게 display 해준다. 이 값을 IAD 프로그램을 통해 역으로 산란계수와 흡수계수를 알아 낼 수 있다. IAD 프로그램은 투과율과 반사율을 통해 역으로 흡수계수와 산란계수를 알 수 있게 해주는 프로그램이다. IAD 프로그램을 통해 나타난 값을 그래프로 나타내면 아래와 같은 그래프가 나온다. Fat Phantom을 만들기 위하여 산란 물질인 Intralipid의 농도를 10%, 15%, 20% 변화시켜 가며 Absorption Coefficient, Scattering Coefficient, Reduced Scattering Coefficient를 Wavelength 별로 알아본 결과이다.

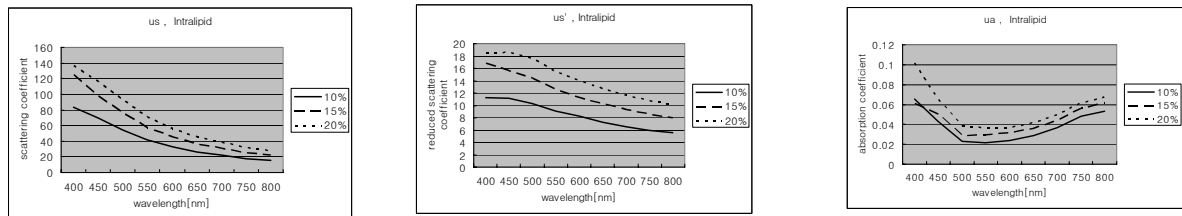


그림 2. 파장에 따른 광학 팬텀에 대한 흡수, 산란 측정 계수

우리의 실험을 통해 인체조직과 빛의 관계에 대한 새로운 고찰을 하게 되었다. Brest, skull, abdomen 등 신체 여러 부위의 팬텀이 실제로 임상 실험에 사용되고 있는데 우리는 체지방측정을 위한 피부 조직과 유사한 Optical phantom을 제작하였다. 빛에는 여러 가지 파장이 있는데 그중에 770nm의 파장의 optical property를 이용한 Phantom을 실제 핸드폰 체지방 측정 임상 실험에 이용 되고 있다. 이 Phantom은 보기에선 실제 피부조직과 유사하지 않지만 광학적으로는 매우 유사한 조직이다. 팬텀 제작을 넘어서 monte-carlo simulation을 이용하면 체지방 측정을 위한 light source와 detector의 위치와 tissue 속에서 레이저 빛이 얼마만큼 흡수되고 산란되는지 실제 광학 기기를 사용하지 않아도 쉽게 알 수 있다. 따라서 Optical Phantom 샘플로 측정하기 전에 Fat의 두께 별로 측정 가능한 결과를 미리 Monte-Carlo Simulation을 통해 그 결과를 유추해 봄으로써 simulation 결과와 실험 결과를 서로 비교해 볼 수 있는 것이다. 앞으로 실제 조직과 유사한 진피층과 표피층까지 제작한다면 완벽한 피부조직의 optical phantom 구현이 가능할 것이다.

참고 문헌

1. Y. Yang and Rabs R. Soller, *Influence of a fat layer on the near infrared spectra of human muscle: quantitative analysis based on two-layered MC simulations and phantom experiments* , J. Biomed. Opt. (2005)
2. C. Rebecca Simpson and Mark Cope, *Near-infrared optical properties of ex vivo human skin and subcutaneous tissues measured using the Monte Carlo inversion techniques*, .Phys, Med, Biol **43**, 16, (2002)