

몬테카를로 모델을 사용한 생체조직내 형광 해석

Analysis of fluorescent light in biological tissues using Monte Carlo Model

도영국, 정운상, 김명화*, 이창섭*, 김경찬
 계명대학교 디지털물리학과, *계명대학교 화학과
 kyung@kmu.ac.kr

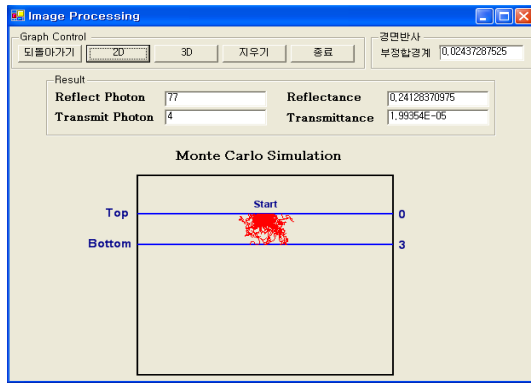
I. 서론

질병에 대한 치료기술의 발전에 따라 의학분야에서 정확하면서 실시간에 가까운 빠른 진단 결과를 얻을 수 있는 진단 기술을 개발하는데 많은 연구가 진행되고 있다. 광학적인 진단 기술 개발에서 실시간에 비침습적으로 질병을 진단하는데 레이저의 분광학적 기술을 생체 조직에 적용하는 방법으로 빛의 산란 성질을 이용하는 산란 분광법과 형광 성질을 적용하는 형광 진단 방법이 많이 연구되어지고 있다. 특히 암 진단과 치료를 위해 광을 이용하는 방법으로는 DOT(Diffuse optical tomography)와 PDT(Photodynamic therapy)가 있다. DOT는 빛의 확산적인 성질을 이용하여 투과되어 나오는 빛을 측정함으로써 생체조직의 내부 정보를 비침습적으로 얻을 수 있는 방법이다. PDT는 광민감성 약품과 레이저 광원을 이용한 치료로서 암세포만 선택적으로 치료할 수 있는 방법이다.⁽¹⁾ 이러한 DOT나 PDT 방법을 사용하기 위해서는 생체조직의 광학적 특성과 조직내에서의 광자의 움직임을 정확히 이해하여야 한다. 그러나 생체조직의 비균질성(inhomogeneous)과 비등방성(anisotropy)으로 인해 복잡하고 정밀한 실험이 요구되어지기 때문에 실험보다 가상 시뮬레이션을 이용하면 보다 쉽게 광자의 이동경로를 추적할 수 있다. 따라서 본 연구를 통하여 생체조직의 광학적 성질을 이용하여 특정 여기파장에 감응하여 나타나는 형광의 거동을 예측할 수 있는 시뮬레이션을 고안하였다.

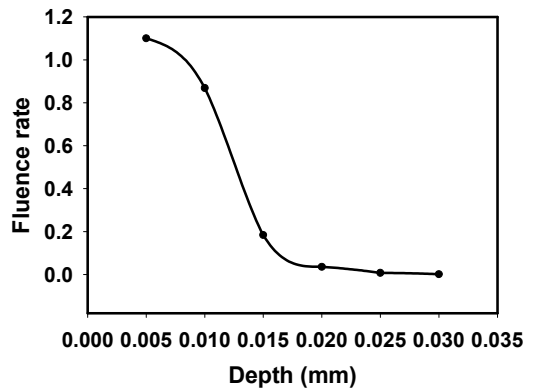
II. 생체조직내 몬테카를로 시뮬레이션

생체조직은 분자, 구조 그리고 기능 단위의 분류로 이루어진 거대하며 복잡한 구성물이다. 생체조직의 광학적 성질이란 광자가 조직내부에 입사할 때 조직내부에서 발생하는 흡수와 산란현상을 가지고 조직의 특성을 설명하는 것이다. 조직내부에서 이동하는 광자의 분포를 설명하는 광학적 성질들에는 흡수, 산란, 비등방성, 굴절률이 있다. Monte Carlo 시뮬레이션을 수행하기 위해 본 연구에서는 생체조직의 광학적 특성을 나타내는 광학계수를 시뮬레이션에 적용하였다. 또한 시뮬레이션 알고리즘은 Visual Basic .Net으로 작성하였으며, 시뮬레이션 순서는 광자의 초기화, 광자의 이동거리 설정, 광자의 정보 갱신 및 광자의 형광 발생여부 결정, 광자의 소멸여부 결정으로 구성된다. 생체조직내 형광의 거동을 예측하기 위해서는 광자의 여기 파장과 발산 파장에 대한 각각의 광학계수들을 알아야 한다. 시뮬레이션에 사용된 여기파장은 476 nm, 발산파장은 600 nm이다. 각 파장에 대한 생체조직의 광학계수들은 A. J. Welch, C. Gardner 등의 결과를 참조 하였다.⁽²⁾

그림 1은 476 nm의 단일 파장으로 시뮬레이션을 수행한 결과이다. (a)는 광자의 수는 100개 이며, (b)는 광자의 수가 100000개로 하여 시뮬레이션한 결과 데이터를 조직의 깊이에 따라 에너지 변화율을 나타낸 것이다.



(a)



(b)

그림 1. (a) 단일파장의 몬테카를로 시뮬레이션 2D 이미지 (b) 깊이에 따른 에너지율

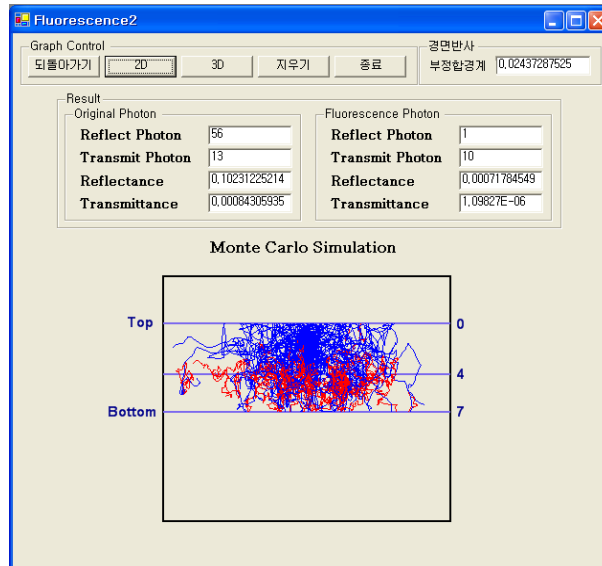


그림 2. 생체조직내 형광 광자 시뮬레이션

그림 2는 여기파장 476 nm, 발산파장 600 nm로 하여 생체조직내에서 발생하는 형광을 측정한 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 조건은 생체조직을 2개의 층으로 구성했으며 두 번째 층을 형광이 발생하는 층으로 설정하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 RT 104-01-01의 지원을 받아서 수행되었습니다.

참고문헌

1. T. C. Zhu, J. C. Finlay, S. M. Hahn, J. Photochemistry and Photobiology, **79**, 231 (2005).
2. A. J. Welch, C. Gardner, R. Richards-Kortum, Lasers in Surgery and Medicine, **21**, 166-178 (1997)