

## 음파에 의한 모세관 내 혈구의 이동 및 응집

### Transport and Condensation of Blood Cell in Capillary Tube by Acoustic Wave

김은선, 송방덕, 황인각

전남대학교 물리학과

[nagobuk@hanmail.net](mailto:nagobuk@hanmail.net)

물질의 acoustic 이동은 다양한 부분에 적용할 수 있는 흥미로운 물리적 현상이다. Acoustic wave에 의한 조작은 마이크로 크기 물질의 levitation과 trapping에 널리 사용되어져 왔다. acoustic wave에 의한 입자의 이동은 후에 의학이나 생물학 분야에서 미세 입자의 이동에 널리 이용될 수 있으며 새로운 microdevices, modern medicine, molecular biology의 도구, programmable biochip 개발에 이용될 수 있다.<sup>(1)</sup> 이 연구에서는 모세관 내부에 혈액을 넣고, 모세관을 따라 흐르는 음파에 의해 혈액을 구성하는 혈구와 혈장이 이동, 또는 응집되는 현상을 조사하였다.

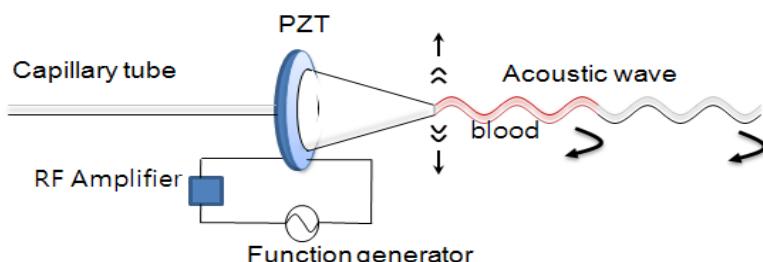


그림 1. 음파 발생기의 구조 및 실험 장치

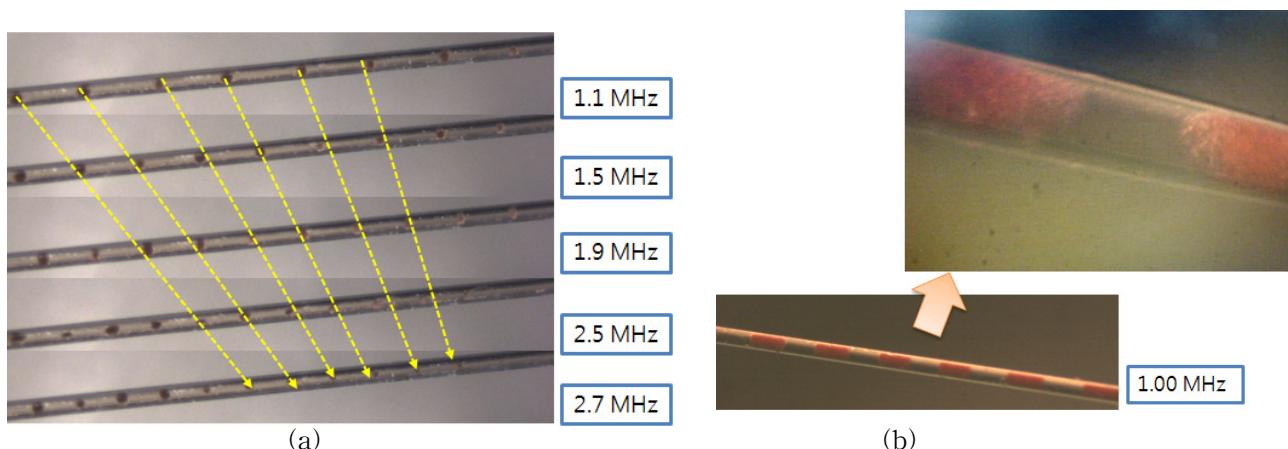


그림 2. (a) (b) 서로 다른 주파수에서 정상파가 형성되었을 경우의 혈구의 분포

사용된 샘플은 응고방지 처리된 혈액을 생리식염수로 희석한 것이다. 이를 모세관 현상을 이용하여 관내부에 삽입하였고, 현미경과 CCD를 이용하여 혈액의 이동 상태를 관찰하였다. 그림 2 (a)의 경우에는 PZT에 가하는 주파수를 변화시키면서 혈구들의 포획되는 모습을 보인 것이다. 서로 다른 주파수에서 정상파의 주기가 달라지고 혈장에 비해 밀도가 높은 혈구들이 정상파의 배에 분포함을 알 수 있다.<sup>(1)</sup> 이러한 특성을 이용하면 주파수 조절을 통하여 모세관 내부에서 액체와 혼합된 입자들만을 따로 원하는 간격으로 정확하게 배열시키는 것이 가능해진다. 그림 2 (b)는 혈액의 농도가 좀 더 높은 경우의 모습이다.

정상파는 음파의 되반사에 의해 형성 된다. 그림 1에서 보듯이 음파의 반사 지점으로는 혈액의 끝과 모세관의 끝, 두 가지의 가능성이 있다. 반사지점을 추측하기 위해, 그림 3과 같은 방법을 사용하였다. 비례식을 이용하여, 실험 결과로부터 반사위치를 계산한 결과, 이 경우는 반사지점이 모세관의 끝단임을 알 수 있었다.

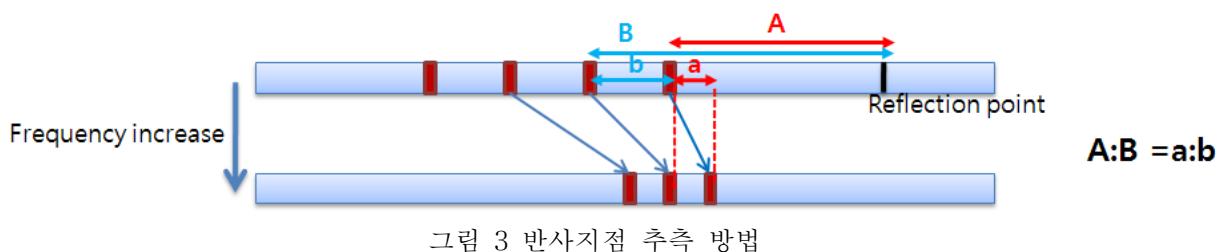


그림 3 반사지점 추측 방법

PZT에 가하는 주파수를 증가시키면, 그림 2의 경우처럼 혈구들이 반사 지점을 향해 이동하게 된다. 따라서 그림 4 (a)처럼 음파의 주파수를 천천히 연속적으로 증가시키고 짧은 순간 주파수를 감소시키는 과정을 반복하면 모세관 안에 분포된 입자들을 반사 지점 근처에 밀집시킬 수가 있다. 결과는 그림 4 (b)와 같다. 이와 같은 방법을 이용하면 액체안의 소량의 세포나 입자들을 한 곳으로 모두 포획시키는 것이 가능해져, 이 후 해당 세포들의 특성 분석을 용이하게 할 것이다..

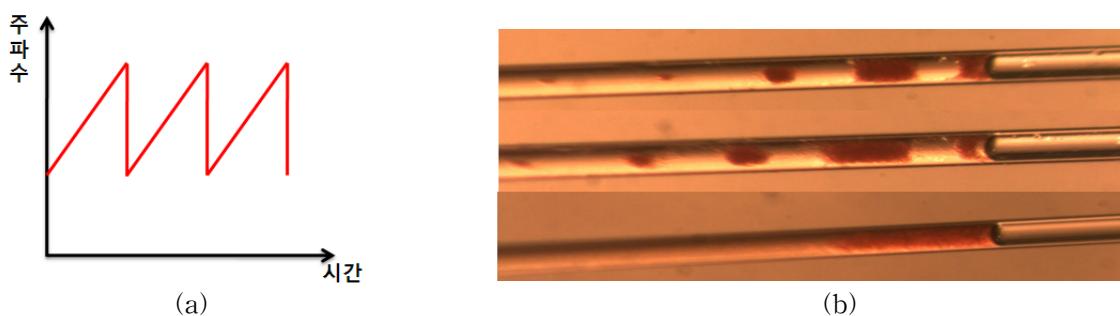


그림 4. (a) PZT에 가하는 주파수의 변화 (b) 혈구들이 밀집되어가는 과정

위 연구에서는 PZT를 이용해 모세관에 음파를 형성하고, 그 음파에 의한 혈구의 운동을 관찰해 보았다. 그 결과 음파의 정상파에 의한 혈구의 주기적인 분포를 관찰하고, 음파의 반사지점을 추측해낼 수 있었다. 또한 주파수의 증가와 감소를 반복해 줌으로 인해 모세관 안에 넓게 분포된 혈구들을 한 곳으로 밀집시킬 수 있었다. 이 기술들은 혈액에서 뿐만 아니라, 액체 내에 존재하는 세포나 입자등에 모두 적용될 수 있을 것이다. 이 후로는 이렇게 포획된 혈구 및 세포들의 광학적 분석을 시도할 예정이다.

#### Reference

- Muhammet Kursad Araz, Chung-Hoon Lee and Amit Lal, "Ultrasonic separation in microfluidic capillaries", IEEE ultrasonics symposium, 1111-1114 (2003)