

암 모기 흡혈과정 가시화

김보흠* · 이상준†

Visualization of blood sucking phenomena of a female mosquito

Bo-Heum Kim and Sang-Joon Lee

Abstract

As a carrier of malaria and sneak of blood, mosquitoes are regarded as an unpleasant insect. However, there are novel phenomena that happen inside a mosquito. Among them, we focused on the blood sucking function of a female mosquito. The main objective of this study was to investigate the mosquito's pumping mechanism in order to resolve the problem encountered when we inject or transport biologic fluids into a micro-chip. To analyze the pumping mechanism, we visualized the blood sucking process inside a female mosquito. Flow characteristics of blood flow in a proboscis were investigated experimentally using a micro-PIV velocity field measurement technique. The anatomical variation of head, thorax, abdomen which work as pumps and valves, was visualized using the synchrotron X-ray micro-imaging technique.

Key Words : Micro-PIV velocity field measurement technique(마이크로 PIV), X-ray micro-imaging technique (X-ray 미세영상기법), Mosquito(모기)

1. 서론

1990 년 마이크로 통합 분석 시스템(μ -TAS)의 개념이 소개된 이래, micro fluidics 기술은 수많은 제약 및 생물학적 응용 분야를 개척하면서 많은 실험적 장애물들을 극복해 왔다. 하지만 마이크로 칩 기술 개발에 있어 소량의 생물학적 유체를 일정 유량으로 이송시키는 것은 지속적인 도전과제로 남아있다.

최근 이러한 어려움을 극복하기 위해 모기의 흡혈과정으로부터 생체모방기술을 개발하고자 하는 노력이 시작되고 있다. Mochizuki 등(2005)은 모기의 pumping 성능을 몇 가지 상용 마이크로 펌프의 효율과 비교하였다. Fig. 1 에 나타낸 바와 같이 모기 펌프의 효율은 상업적 마이크로 펌프보다

1000 배 이상 좋다고 할 수 있다. 또한 Mochizuki 등은 모기 침(proboscis) 표면의 구조를 밝히고 침 내부 유동을 가시화하였다.

본 연구에서는 모기 침 내부 유동을 가시화함으로써 짧은 시간 사이에 유속의 증감이 반복되는 주기적인 유동 특성을 가짐을 알게 되었다. 이에 따라 높은 시간분해능을 가지는 실험결과가 요구

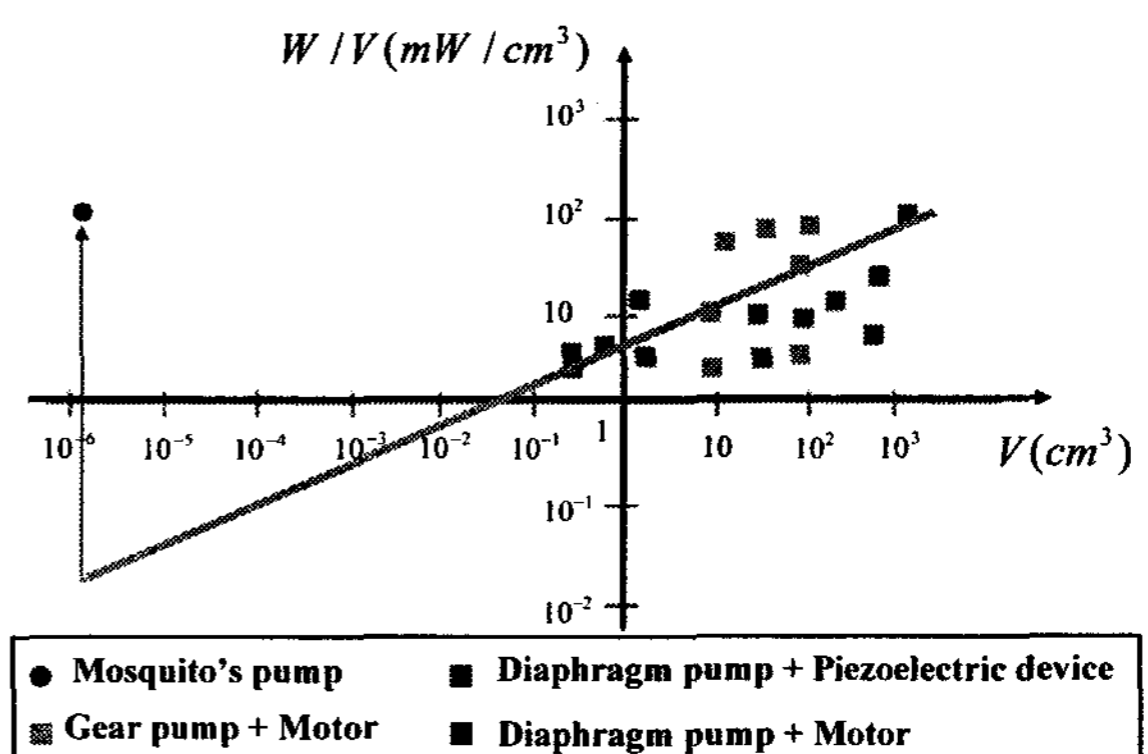


Fig. 1 Comparison of the pumping efficiency of a mosquito and commercial pumps

† 포항공과대학교 교수

E-mail : sjlee@postech.ac.kr

* 포항공과대학교 기계공학과 대학원

되었으며, 고속의 CMOS camera를 이용하여 모기 침 내부 유동을 가시화하였다. 또한 모기의 흡혈 과정과 관련된 pumping 메커니즘을 규명하기 위해서 흡혈과 관련된 모기 몸체 내부 장기들의 구조 변화를 X-ray 미세영상기법(X-ray micro-imaging technique)을 이용하여 가시화하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 침 내부의 유동 가시화

암 모기의 침 내부 혈액유동의 가시화를 위해 사용한 micro-PIV 속도장 측정시스템은 현미경, CMOS 고속카메라, continuous 레이저, 제어용 컴퓨터 등으로 이루어져 있다.

실험 시 헤마토크릿 40%의 혈액을 사용하였으며 입자 영상을 256 x 128 픽셀의 해상도로 초당 10000 프레임의 조건으로 취득하였다. 광원으로 사용한 레이저의 파장은 532nm이다. 추적입자는 1 μ m의 직경과 554nm의 방출파장을 가지며 camera 앞에 570nm의 long-pass filter를 설치하여 입자영상이 잘 보이도록 하였다.

2.2 몸체 내부의 유동 가시화

모기 몸체 내부의 장기들은 광학 현미경으로 관찰하기가 불가능하여 X-ray 미세영상기법을 이용하여 관찰하였다. 가속기 저장링(storage ring)에서 나오는 X-ray beam이 측정하고자 하는 샘플을 투과하게 되면, 샘플의 내부 구조물의 경계면에서 위상차(phase difference)가 발생하고 위상차 정보가 포함된 X-ray 빔은 scintillator(CdWO₄)에 도달하여 가시영역의 파장으로 바뀌게 된다.

X-ray 미세영상기법 실험에서 다양한 추적입자 및 조영제를 사용하였는데 모기의 경우, iodine solution을 조영제로 사용하는 것이 효과적이었다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 모기의 침(proboscis) 단면과 실제 혈액이 흘러가는 모습을 찍은 사진이다. 혈액이 흘러가는 food canal의 경우 흡혈 시 짜는 힘을 보태어 혈액의 이송을 극대화할 수 있는 구조를 가지고 있는 것으로 생각되어진다. 침의 측면에서 취득한 영상을 보면 위쪽에서 취득한 영상에 비해 더 조밀한 입자영상을 보여주고 있다. 이것은 서로 다른 부분이 겹쳐있는 침의 구조에 기인한 것으로 생각되어진다. Fig. 3은 X-ray 미세 영상기법을 통하여 조영제를 흡입하는 모기의 내부 구조를 0.01초 간격으로 촬영한 것으로 pharyngeal pump 체적이 달라지는 것을 보여준다. 이것은 모기의 침 내부 유동이 비정상 유동 특성을 갖는 주원인으로 생각되어

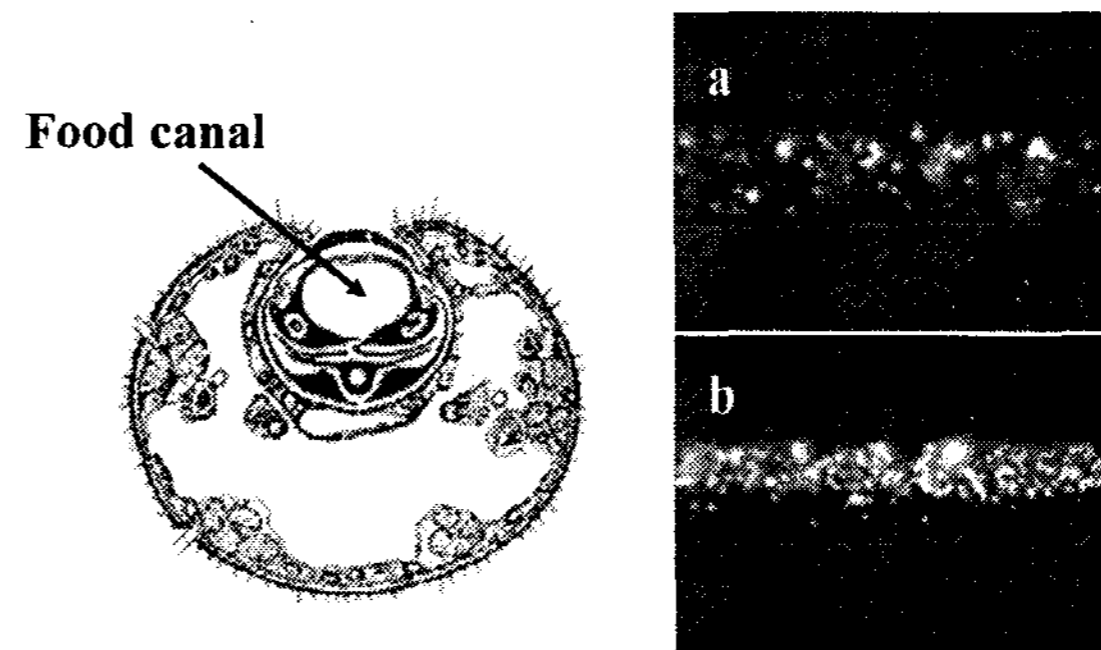


Fig. 2 Transverse section of a proboscis of a mosquito and images of upside view(a) and side view(b)



Fig. 3 Volume variation of pharyngeal pump in the time interval of 0.01 second

진다. 또한 몸체 내부에서 밸브, 보조 펌프의 역할을 하는 것으로 생각되어지는 기관의 움직임도 관찰 할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 우수한 생체 펌프인 모기의 내부 유동을 가시화하였다. 모기의 침은 흡혈에 최적화된 구조이며 흡혈 유동은 pharyngeal pump, valve, auxiliary pump에 해당하는 장기들의 움직임에 기인한 것으로 생각되어지며 향후 이들의 상관관계를 밝히고자 한다.

후 기

본 연구는 포항 방사광 가속기 연구소의 1B2, 7B2 빔 라인에서 수행되었으며, 포항 방사광 가속기에서의 실험은 과학기술처와 포항공대의 지원을 받았습니다. 본 연구는 한국과학재단의 지원을 받는 시스템바이오다이 나믹스 국가핵심연구센터(R15-2004-033-06002-0)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) Westneat, M. W. et al, 2003, "Tracheal respiration in insects visualized with synchrotron X-ray imaging," Science, Vol.299(5606), pp.558~560.
- 2) Clements, A. N., 1992, The biology of mosquitoes Vol.1, CABI Publishing, New York, pp.220~237