

유정란 배아 혈액유통의 *in vivo* 계측

여창섭* · 이상준**

In Vivo Measurements of Blood Flow in a Chicken Embryo Using Micro PIV Technique

Chang Sub Yeo*, Sang Joon Lee**

1. 서 론

혈관 내부의 전단응력은 생체 조직의 발달과 성장에 밀접하게 연관되어 있기 때문에 혈류유통과 벽면전단응력분포에 대한 정량적인 정보는 순환기질환 연구에 매우 중요하다.

이에 따라 최근 들어 살아있는 생체를 대상으로 혈류유통을 측정하는 연구가 체내실험과 체외실험을 통하여 수행되었다. 예를 들어 Hove⁽¹⁾ 등은 zebrafish에 PIV(particle image velocimetry) 속도장 측정 기법을 적용하여 심장 내부의 전단응력과 심장발달 사이의 상관관계를 연구하였다. 또한 Sugii⁽²⁾ 등은 쥐의 장간막에 있는 세동맥(arteriole)에서의 혈류유통을 PIV기법으로 측정한 연구결과를 발표하였다. 그러나 혈류가시화를 위해 수술로 관측하고자 하는 혈관을 생체 바깥으로 꺼내어 실험하는 관계로 생체리듬에 영향을 줄 수 있으며, 유동 영상을 얻는 동안 호흡에 기인하여 생체시료가 많이 움직이게 되는 단점이 있다. 또한 이들 연구에서는 유동가시화를 위해 염료(dye)나 입자(particle)를 주입하여 혈관속에 혈구와의 화학반응을 일으키고 생체 조직에 자극을 유발할 수 있다는 단점이 있다. 따라서 생체대사활동에 영향을 주지 않고 혈류유통을 측정할 수 있는 새로운 계측기법의 개발이 요구된다.

본 연구에서는 생체 혈액의 적혈구를 추적입자로 사용하는 *in vivo* micro PIV 혈류유통계측기법을 개발하고 이를 이용해 유정란 내부의 혈액유통을 정량적으로 가시화하고 유동특성을 연구하였다.

2. 본 론

본 연구에서는 생체 혈액유통 측정대상으로 유정란을 선택하였다. 산란일자가 3일정도 지난 유정란을 구입 후 온도는 37°C, 습도는 70%로 유지되는 배양기에 4일간 배양시켰다.

수정란 내부 혈관의 구조와 미세혈관에서의 혈액유통을 가시화하기 위하여, *in-vivo* μ PIV 시스템을 이용하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용되어진 *in-vivo* μ PIV시스템의 개략도를 나타낸 것이다.

수정란의 혈액유통은 NA(numerical aperture)값이 0.5인 10배 배율의 대물렌즈를 사용하였다. 이 때 관찰영역(field of view)의 크기는 2.44×2.44mm이고, 공간해상도는 2.38 μ m/pixel이다. 혈구영상의 명암비를 향상시키기 위하여 적혈구의 흡수 파장영역에 해당하는 밴드 패스(band pass)필터를 현미경(Nikon ECLIPSE 80i)의 카메라 전방에 장착하였다.

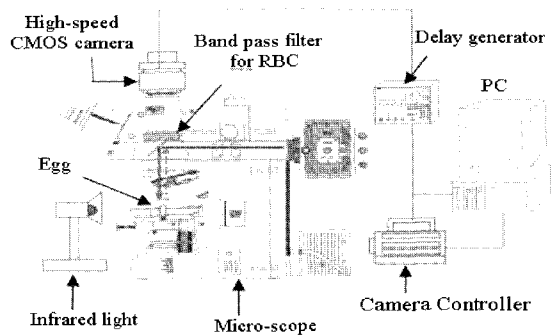


Fig. 1 Schematic

in-vivo μ -PIV system

* 포항공과대학교 기계공학과 대학원

** 포항공과대학교 기계공학과

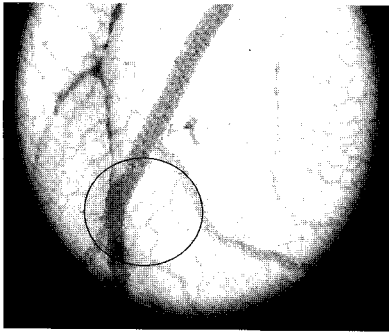


Fig. 2 Typical image of blood flow captured in an extraembryonic blood vessel

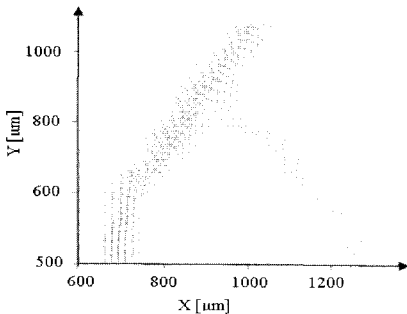


Fig. 3 Time-averaged mean velocity distributions of blood flow

Fig. 2는 수정란 내부의 정맥혈관 유동을 촬영한 영상이다. 포유류의 경우 적혈구의 크기가 $7\sim 8\mu\text{m}$ 에 비해 조류의 경우 이보다 작은 $6\mu\text{m}$ 정도의 크기를 가졌다. 그리고 형상은 중앙이 움푹 들어간 형태가 아니고 타원 형태를 가졌다.

본 연구에서 다룬 혈관의 직경은 대략 $100\sim 180\mu\text{m}$ 이였으며 그림 속에 있는 혈액은 아래쪽에서 위 방향으로 움직인다. 큰 혈관의 경우, 3지점에서 혈관유동의 방향이 크게 바뀌었다.

Fig. 3은 Fig. 2에서 원으로 표시된 정맥혈관 부분의 혈액흐름을 PIV속도장 측정기법으로 구한 순간속도장 1,000장을 앙상블 평균하여 도출한 평균속도장 결과를 나타낸다.

Fig. 4은 주유동방향 속도성분의 속도장 결과를 나타낸 것이다. 여기서 보면 최대속도는 혈관 중앙 부분에서 나타나며, 그 값은 약 $700\mu\text{m/s}$ 정도이며 일정 구간에서 이 속도를 유지하는 것을 확인 할 수 있다. 중앙부에서 벽면부위로 갈수록 속도가 빠르게 감소되는 것으로 나타났다.

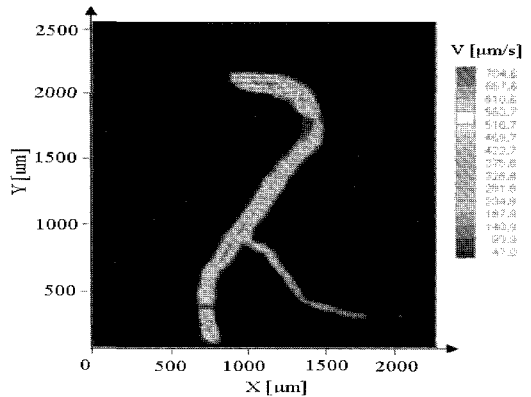


Fig. 4 Streamwise mean velocity field

3. 결론

유정란의 혈관구조 및 혈류 흐름을 실시간으로 in vivo 방식으로 촬영하였다. 그리고 micro-PIV 기법을 적용하여 $20\times 20\mu\text{m}$ 의 공간 분해능으로 정맥혈관의 혈류 속도장을 측정하였다. 본 연구에 사용 되어진 생체혈관 유동영상기법은 동물과 같은 생체혈관 구조와 혈류 역학을 연구하는데 크게 도움이 될 것으로 기대된다..

후 기

본 연구는 과기부(과학재단)에서 지원한 특정기초연구(과제번호: R01-2004-000-10500-0)와 시스템바이오다이내믹스 국가핵심연구센터의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- (1) Hove, J. R., Köster, R. W., Forouhar, A. S., Acevedo-Bolton, G., Fraser, S. E., and Gharib, M., 2003, "Intracardiac fluid forces are an essential epigenetic factor for embryonic cardiogenesis," *Nature*, Vol. 421, pp. 172~177.
- (2) Sugii, Y., Nishio, S., and Okamoto, K., 2002, "Measurement of a velocity field in microvessels using a high resolution PIV technique," *Annals of The New York Academy of Sciences*, Vol. 972, pp. 331~336.