

자기 부상형 베인리스 원심 혈액 펌프의 개선과 전임상 실험에 관한 연구

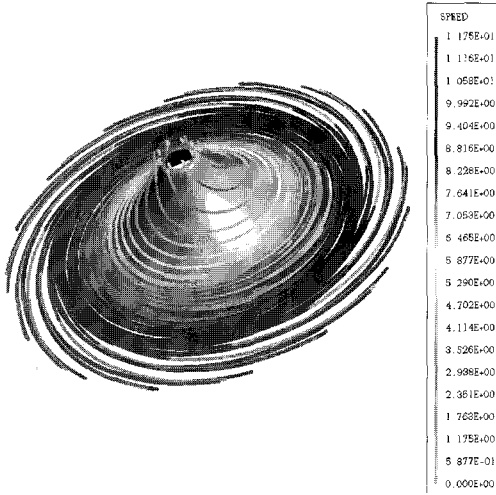
이용구* · 장지욱* · 이상호***** · 장준근** · 이규백****
김종원***** · 선 경*** · 김형묵*** · 유정열*

오늘날 정밀기계의 눈부신 발전과 의학의 지속적인 개선에 힘입어 환자의 심폐기능을 대신하는 심폐보조기의 임상 성공 사례가 꾸준히 보고되고 있다. 우리나라 역시 그러한 심폐보조기를 이용하는 수술이 갈수록 증가하는 추세이지만 국내 병원에서 사용하는 심폐보조기는 외국인 체형 기준으로 설계된 혈액 펌프를 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 우리는 본 연구를 통해서 심폐수술이나 응급시동 사용 빈도가 매우 높고 상대적으로 단기간에 사용이 우수한 연속형 혈액 펌프를 개발하고자 하였다. 최근 연구가 활발한 연속형 혈액 펌프는 체내 이식형이나 장기 작동에 사용하는 맥동형 펌프의 동작 제어의 어려움이나 맥동형 펌프에 필수적인 체크 밸브에서의 혈구 파괴를 막을수 있는 효과적인 방안으로 각광 받고 있으며, 단기간의 임상 적용에서는 비맥동 혈유동이 인체에 미치는 부작용도 거의 없는 것으로 보고되고 있다. 원심 혈액펌프의 성능은 외부 압력에 대응하는 유량 등의 수력학적인 성능뿐만 아니라 혈구 파괴를 최소화하는 임상적인 성능이 매우 중요하다. 이를 구현하기 위하여 본 연구에서는

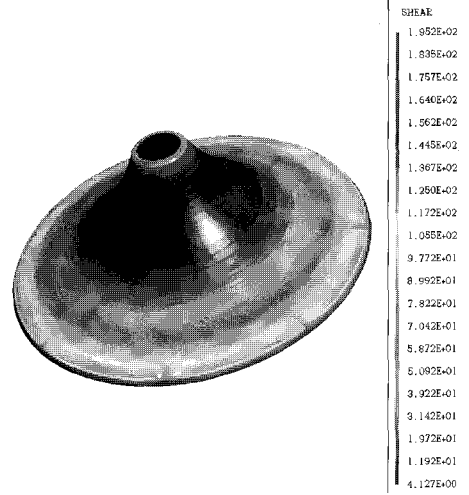
원심 혈액 펌프 안에서 혈구 파괴의 주요 원인인 내부로터 지지부와 로터의 날개를 없앴다. 내부 로터를 설계하고 최적화하기 위하여 상용 CFD 프로그램을 통하여 펌프 내부 유동의 양상, 유속 그리고 표면의 전단응력을 예측하였다. 개발된 혈액 펌프의 수력학적인 성능을 시험하기 위하여 혈관의 저항과 탄력성을 고려한 모의 순환장치를 제작하여 실험하였으며 임상적인 성능을 평가하기 위하여 여러 차례 동물실험을 통하여 혈구의 파괴를 분석하였다. 수력학적인 성능 실험에서는 외부 압력이 200 mmHg 이상에서 10 L/min의 유량을 토출하는 혈액 펌프로서의 충분한 성능을 보였으며 동물 실험을 통한 혈구의 파괴 실험에서는 혈구 파괴량이 (plasma Hb) 평균 40 mg/dL 이하로 생체가 충분히 회복할 수 있는 수치로 나타났다. 본 연구를 통하여 체외형 혈액 펌프의 국산화뿐만 아니라 자기 부상의 장점과 로터에 날개가 없는 베인리스의 장점을 동시에 구현한 의의가 있으며 수력학적, 임상적 성능면에서도 모두 우수한 결과를 보였다. 또한, 시스템을 최적화시키고 전체 시스템의 일체화를 통하여 상품화 가능성을 제시하였다.

* 서울대학교 기계항공공학부
** 서울대학교 전기컴퓨터공학부
*** 고려대학교 흉부외과교실
**** 고려대학교 의공학교실
***** (주)바이오메드랩
***** (주)삼성전자

CFX



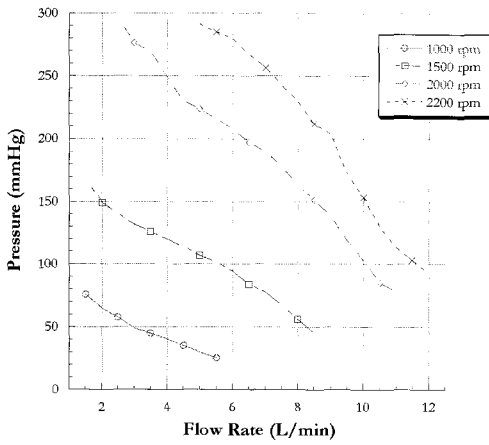
CFX



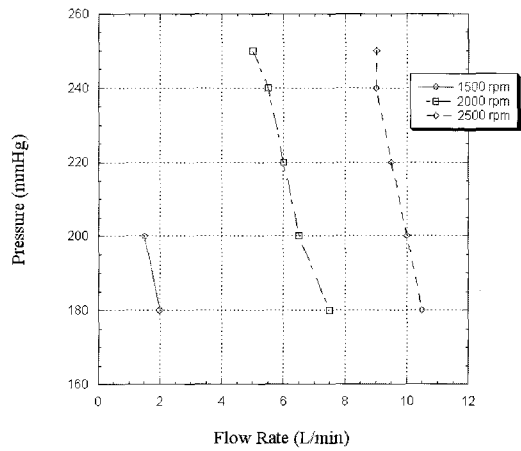
(a) 펌프 헤드 내부 로터에서의 혈류 양상과 속도

(b) 펌프 헤드 내부 로터 위의 전단력의 분포와 크기

그림 1 펌프 헤드 내부 로터의 베인리스 형상을 구하기 위한 컴퓨터 해석



(a) 초기 모델



(b) 최종 모델

그림 2 혈액 펌프의 수력학적 성능 실험 결과 그래프