

## 체내삽입형 인공폐 모듈 개발에서의 압력손실

김기범, 이삼철\*, 김민호\*\*, 정경락\*\*\*

전북대학교 화학공학부, 한려대학교 신소재공학과\*, 전북대학교 흉부외과\*\*,  
전북대학교 화학공학부·공업기술연구소\*\*\*

### The Pressure Drop for the Development of Intravenous Membrane Oxygenator Module

Ki-Beom Kim, Sam-Cheol Lee\*, Min-Ho Kim\*\*, Gyeong-Rak Jheong\*\*\*

School of Chemical Eng., Chonbuk National University, Dept. of Material Sci.  
and Eng., Hanlyo University\*, Thoracic and Cardiovascular Surg., Chonbuk  
National University\*\*, School of Chemical Eng., Chonbuk National  
University · The Research Institute of Ind. Tech., Chonbuk National  
University\*\*\*

#### 1. 서 론

최근에 체내 삽입 기체교환장치는 부분적인 호흡보조에 사용하기 위하여 활발하게 연구가 진행되고 있다[1-3]. 이것은 정맥내의 혈액-기체 교환 장치(intravenous blood-gas exchange device)로서 기체의 공급과 제거선에 연결된 길고 가느다란 중공사막 다발을 순환중인 정맥계 내에 놓은 것이다. 이 다발은 혈액이 손상된 폐에 도달하기 전에 산소를 공급하고 이산화탄소를 제거하는 폐의 기능을 대행한다. 그러나 혈관 내에는 인공 폐의 설치를 위한 공간이 충분하지 못할 뿐만 아니라, 만일 혈관내 폐보조장치가 혈액이 흐르는데 높은 저항을 가진다면 대정맥의 확장에 의하거나 혈관의 작은 가지를 통해 장치 주위의 혈액 분리가 생길 수 있어 장치의 기체전달 성능에 영향을 준다. 따라서 정맥흐름 저항을 최소화할 수 있는 혈관내 인공 폐의 설계 및 개발을 위하여 혈액대용물질을 사용한 압력손실측정에서 마찰손실에 대한 연구가 절실히 필요하다.

본 연구에서는 중공사막 모듈을 제작하고 증류수 유속, 중공사 길이, 글리세롤 용액의 유속, 혈액의 유속 및 중공사 가닥수에 따른 압력손실을 실험적으로 측정하

였으며 혈액의 압력손실을 비교 검토하였다.

## 2. 실험방법

자체 제작한 중공사막 모듈의 모형은 Fig. 1에 나타내었다. 중공사는 380  $\mu\text{m}$  OD와 50  $\mu\text{m}$  벽두께의 미공성 폴리프로필렌(Oxyphane, Enka, Germany)이었다.

중공사 막 모듈의 압력 손실을 측정하기 위한 실험장치는 Fig. 2에 나타내었다. 아크릴판의 축과 평행하게 고정된 중공사 다발로 이루어진 시험용 모듈의 입구와 출구의 끝에 연결된 수은 마노미터(Model M-1000 W/M, Dwyer Instrument, USA)를 사용하여 각 흐름속도에서의 입구와 출구의 압력을 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 중공사 안과 밖으로 증류수를 흘려 보냈을 때 모듈의 압력 손실을 나타낸 그림이다. 증류수를 모듈내 중공사의 안쪽과 바깥쪽으로 흘리면서 압력 손실을 측정한 결과는 바깥쪽으로 흘렸을 때의 압력손실이 안쪽으로 흘렸을 때의 1/3 ~ 1/6 정도이므로 혈관에 삽입하기 위한 체내 삽입형 인공폐의 단점 중의 하나인 모듈 전, 후의 압력 손실문제는 중공사막의 바깥쪽으로 혈액을 흐르게 하여 해결할 수 있음을 알 수 있었다.

Fig. 4와 5는 중공사 가닥수가 50개와 40개인 110 mm 모듈의 증류수, 글리세롤 용액 및 혈액 유속에 따른 압력손실을 나타낸 그림이다. 그림에서 비교할 수 있는 흐름속도에서 40 %글리세롤용액을 사용하였을 때 장치의 압력손실은 물에서의 압력손실에 비해 2배 이하의 경향을 보여주고 있다. 또한 혈액과 40 %글리세롤용액의 압력손실 관계는 유사한 경향을 보여 주고 있다. AAMI의 기준에 준한 증류수의 점도는 37  $^{\circ}\text{C}$ 에서 0.9 cps정도이고 40 %글리세롤용액은 3 cps정도로 3배 이상이었다. 이 실험결과들로부터 40 %글리세롤용액을 사용하였을 때의 압력손실은 물을 사용하였을 때의 압력손실에 비해 차이는 있지만 각각의 점도에 비례하지는 않음을 확인하였다. 실험결과로부터 증류수와 40 %글리세롤용액간의 관계와는 달리 40 %글리세롤용액의 점도에서 압력손실관계가 유사한 경향을 보였는데 이때 혈액과 40 %글리세롤용액의 점도가 유사하다. 이것은 40 %글리세롤 용액은 혈액과 비슷한 점도, 밀도(1.05  $\text{g}/\text{cm}^3$ )[7] 및 관성력을 갖기 때문에 전혈과 비슷한 압력손실을 보여준 것으로 판단된다. 따라서 40 %글리세롤용액을 사용하여 중공사막 모듈에서의 압력손실 측정은 가능하다고 할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서 Yang의 장치에 기초하여 중공사막 모듈을 제작하여 인공폐의 성능을 평가하한 결과는 다음과 같다.

제작한 인공폐용 중공사막 모듈을 이용하여 증류수를 중공사막의 내부 및 외부로 흘리면서 압력강하 시험을 행하였을 때 외부 흐름일 때가 내부 흐름 때의 1/5정도이었다. 따라서 이러한 실험 결과로부터 혈관에 삽입하기 위한 체내 삽입형 인공폐의 단점 중의 하나인 모듈 전, 후의 압력 손실 문제는 중공사막의 바깥쪽으로 혈액을 흐르게 하여 해결할 수 있음을 알 수 있었다. 실험에 이용된 인공폐용 중공사막 모듈에서 40%의 글리세롤용액을 사용하였을 때 측정된 압력손실은 혈액을 사용하였을 때 측정된 압력손실과 거의 일치하였다. 실험결과로부터 40% 글리세롤 용액은 혈액과 비슷한 점도, 밀도( $1.05 \text{ g/cm}^3$ )[8] 및 관성력을 갖기 때문에 전혈과 비슷한 압력손실을 보여준 것으로 판단된다.

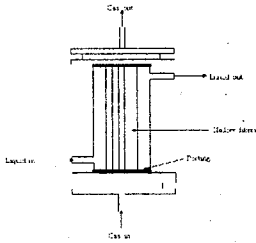


Fig. 1. The schematic diagram of a test module.

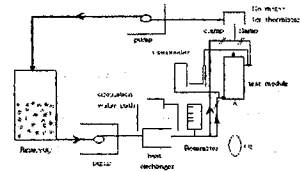


Fig. 2. The *in vitro* bench test system used for pressure drop of test module.

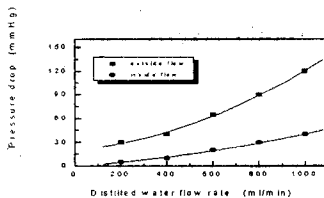


Fig. 3. Effect of the flow pattern on the pressure drop in a module with 50 fibers for distilled water.

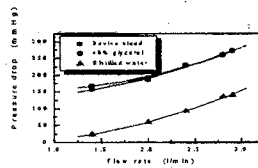


Fig. 4. Relationship between the flow rate and the pressure drop for bovine blood, 40% glycerol solution and distilled water in a module with 50 fibers.

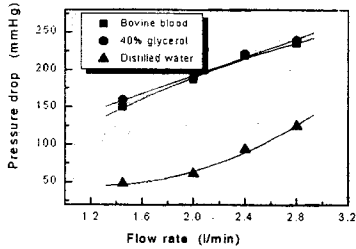


Fig. 5. Relationship between the flow rate and the pressure drop for bovine blood, 40 % glycerol solution and distilled water in a module with 40 fibers.

## 5. 참고문헌

1. Vaslef, Steven N., Mockros, Lyle F. and Anderson, Robert W., *Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs*, **35**, 660 (1989)
2. Federspiel, William J., Hewitt, Todd J., Hout, Mariah S., Walters, Frank R. et al., *ASAIO J.*, **42**, M435 (1996)
3. Federspiel, William J., William Jeffrey L. and Hattler, Brack G., *AICHE J.*, **42**(7), 2094 (1996)
4. Mortensen, J. D., *Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs*, **33**, 570 (1987)
5. Bagley, B., Bagley, A., Henrie, J., Froerer, C., Brohamer, J., Burkart, J. and Mortensen, J. D., *ASAIO Transactions*, **37**, M413 (1991)
6. Mortensen, J. D., *Artif. Organs*, **16**, 75 (1992)
7. Baker, Daniel Alex, *Modelling of hollow-fiber blood-gas exchange devices*, PhD dissertation, University of Minnesota, 63 (1989)