

급성호흡곤란증후군 환자를 위한 진동형 혈관내 폐보조장치의 특성

이삼철*, 김호철**, 황영실**

1. 서 론

신생아 호흡곤란 증후군, 신생아 지속성 폐동맥 고혈압, 그리고 ARDS 등, 각 연령별 심한 호흡 부전환자들은 중환자 집중 치료술의 눈부신 발전에도 불구하고 아직도 사망률이 매우 높고 생존 후 만성 폐질환 등의 심각한 후유증을 보인다. 이는 심한 호흡부전의 핵심적 치료요법인 기계적 인공 환기법에 수반되는 압력 및 용적 상해에 의한 이차적 폐 손상상에 기인하는 바 크다. 따라서 이러한 이차적 폐 손상이라는 문제점을 극복, 최소화하면서도 가스교환의 효과는 극대화시킬 수 있는 새로운 인공 환기 치료법의 개발이 매우 절실한 상황이다(1). 부분 액체 환기법, NO 가스 흡입법, 고빈도 진동 인공 환기법으로 대두되어 있긴 하지만 획기적인 대안이 되지 못하고 있다. 본 연구는 혈관 내에 진동형 폐보조장치 삽입을 통한 호흡보조방법이라는 새로운 인공환기 치료법을 개발 확립하고 이를 성공적으로 임상 적용 가능하도록 하여 국제적으로 중환자 집중 치료술을 선진화시키고 이를 통하여 궁극적으로 모든 연령대의 호흡부전 환자의 생존률을 높이며 그들이 생존 후 만성 폐 질환에 이환되는 것을 예방하여 삶의 질을 높이는 데 기여하고자 수행하였다.

2. 대상 및 방법

새롭게 개발한 진동형 폐 보조장치는 전자석과 가속도계와 영구자석이 부착된 단순 지지된 보 (beam)에 중공사가 연결되어 있는 모듈로 구성했고. 모듈은 30mm의 아크릴 관에 중공사를 U자 형태가 되도록 하였으며, 단순지지 보에 묶여진 상태로 구성된 중공사의 총 길이는 120cm가 되도록 설계하였다.

그림 1은 In-vitro 유동장 실험으로써 가진 장치의 일부분을 구성하여 수행한 진동형 폐 보조장치의 블록선도를 보여주고 있다. 전자석은 제작된 시험관의 외부에 고정하고 영구자석을 생체재료로 구성된 보에 접착함으로써 간단하고 견고한 위치 작동기가 설계되도록 상호간의 자기력을 이용한 구조를 채택하였다.

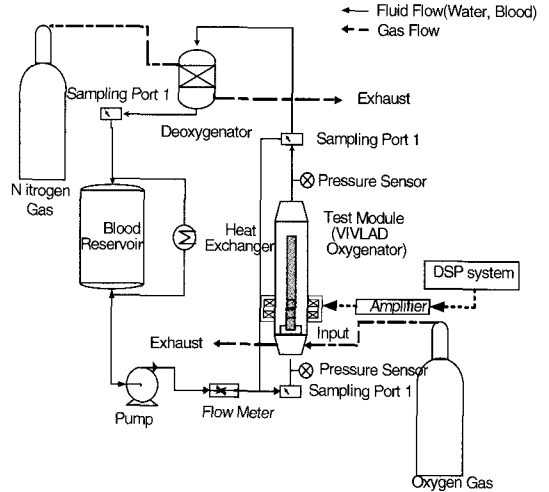


Fig. 1 The in vitro bench test system

3. 결 과

그림 2와 3은 최대 산소전달속도를 나타내는 모듈의 경우, 주파수 응답함수에서 가진 주파수에 따른 센서의 출력전압의 진폭을 표시하고 있다. 본 연구는 원통형 관 안의 중공사 막과 얽여진 보의 고유진동수 변화를 고찰하였고, 유체가 포함되어 있는 지능형 폐 보조장치의 유동장 상태에서의 중공사의 가진 형태 평가 및 유체의 흐름을 고려한 중공사의 진동특성 평가를 수행한 결과이다. 즉, 6lpm 유동속도의 유체 유동장에서 중공사에 연결되어 있는 보에 구형파 20±5 Hz 영역의 주파수로 가진을 인가함으로써 중공사의 최대 산소전달 효율을 얻었으며, 시간응답 및 주파수 해석으로 개발한 폐 보조장치의 특성을 고찰하고 신뢰성을 얻었다. 그림에서 가진 주파수가 20±5 Hz 영역의 주파수에서 최대 흔들림을 발생하는 것을 확인할 수 있었으므로 혈액에 대한 산소전달 효율 향상을 위해 가진 장치를 활용하는 것은 효과적인 방법일 것으로 판단된다. 또한 산소전달 향상을 위하여 가진 주파수에 대한 영향뿐만 아니라 중공사의 배열 또한 효과적인 접촉을 가능하게 하여 산소전달 효율향상을 가능하게 할 중공사 배열이라는 실험 인자를 찾았다.

* 한려대학교 신소재공학과

** 경상대학교 의과대학 내과학교실

4. 고찰

본 연구에서는 물리적인 접촉면 없이 위치작동기의 정밀도를 결정하는 중요한 인자인 마찰력 및 무선에 의한 비접촉 방식의 자기부상을 이용한 정밀진동자를 설계하여 혈관내 폐 보조장치에 적용하기 위한 적합성 평가 및 신뢰성을 얻고자 하였으며 이러한 전자력을 이용한 진동형 가진장치 시스템은 근본적으로 불안정한 성질을 갖고 있으므로 작동기의 안정성을 증가시킬 수 있는 자기회로 설계가 중요함을 확인하였다. 제한된 전자력을 이용한 진동형 가진 장치의 위치작동 시스템은 전자석을 제작된 시험관의 외부에 고정하고 영구자석을 생체재료로 구성된 보에 접촉함으로써 간단하고 견고한 위치작동기가 설계되도록 상호간의 자기력을 이용한 구조를 채택하였고 시스템의 동적 모델을 구하여 혈관 내 폐 보조장치에 적용하기 위한 전자력을 이용한 진동형 가진 장치 안정성을 검토하였다.

전자석이 제어시스템의 구동기로 작동할 경우 구동할 부하가 큰 인덕턴스(L)를 가지므로 부하의 자기유도현상에 의한 시정수가 크게 나타나서 입력전압에 대한 부하에 흐르는 전류사이에 위상지연이 발생한다. 이러한 지연효과는 전체 자기부상시스템의 안정도를 해치게 되므로 시정수를 줄일 수 있는 대책이 마련되어야 한다. 그리고, 시스템의 동작점에서 선형화된 흡인력식은 실제 시스템에서 사용되기에는 좁은 범위에서만 사용가능하기 때문에 선형

화된 흡인력식이 넓은 범위에서 사용될 수 있도록 하는 대책이 세워진다면 실험에 있어서 안정적인 결과를 얻을 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구는 혈관 내의 기체교환장치에서 전달효율을 향상시키기 위하여 아직까지 연구가 되어 있지 않은 무선 비접촉식 vibration 기법을 이용해 보려는 것이었다. 개발된 체내 삽입형 폐 보조장치에 있어서 중공사내 액체흐름 경계에서 직접적인 진동의 in vitro 연구를 통해 기계적 진동특성의 평가가 완료되었고 동물실험의 in vivo 연구를 통해 체내에 이식된 장치의 단기간의 관찰에 있어서 안정성과 항응고성 증명을 가능하게 하였다.

후 기

본 연구는 보건복지부 의료공학융합기술개발사업(02-PJ3-PG3-31401-0009)지원으로 수행되었음. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- (1) Zwischenberger, J. B., et. al., 2001, "Development of an Implantable Artificial Lung: Challenges and Progress" ASAIO Journal, 47: pp. 316 ~ 320.