

지속양압치료기용차압식류량수감부의 최량구조에 대한 연구

김현일, 류철만

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《보건실천에서 절박하게 요구되는 새로운 의학과과학기술분야를 개척하고 고려의학을 과학화하며 최신의학과과학기술을 적극 받아들여야 합니다.》

최근 폐쇄성무호흡증후군을 비롯한 일부 호흡기질환들에 대한 치료에서 지속양압치료기(CPAP)는 외과적방법이나 약물치료방법에 비하여 대부분의 환자들에 대한 치료효과가 좋은것으로 하여 주목을 끌고있다.[1]

우리는 지속양압치료기를 개발하는데서 중요한 문제로 나서는 차압식류량수감부의 구조를 최량화하기 위하여 ANSYS16.1을 통한 모의를 진행하였다.

1. 기초리론 및 수학적모형화

지속양압치료기는 수면시 숨길이 막혀 호흡이 일시 정지되는 무호흡증환자에 대하여 양압공기흐름을 가해주는 방식으로 치료하기 위한 가정 및 병원환경의 의료설비이다.[2]

자발성호흡질환환자들에게서 나타나는 무호흡증을 제때에 치료하지 않으면 깊은 잠에 들수 없고 그것으로 하여 지속적인 피로나 주의력저하가 나타나며 심장병, 고혈압, 당뇨병과 같은 질병들이 발생할수 있는 위험성이 있다.[3]

지속양압치료기를 제작하는데서 중요한 문제의 하나는 차압식류량수감부를 잘 설계하여 류량과 압력을 정확히 측정하는것이다.

차압식류량수감부의 자름면도는 그림과 같다.

그림에서 수감부의 중심에 놓여있는 3개의 평행관이 저항관의 역할을 하는데 그 두께는 1mm이다. 수감부의 입구를 통해 들어온 류체는 저항관을 거쳐 흘러나가며 저항관의 앞과 뒤에서 압력과 속도, 란류특성이 달라지게 된다. 수감효과는 저항관의 앞과 뒤에서의 압력차가 클수록 좋으며 란류세기에 대해서는 앞과 뒤에서 다 작을수록 좋다.

지속양압치료기에서 요구되는 류량은 최대 110L/min이므로 공기의 흐름속도는 약 7m/s이다.

수감부의 최량구조를 결정하는데서 중요한 파라메터들은 구부러짐부위의 곡률반경과 저항관의 길이, 저항관의 위치, 수감부의 길이 등이다.

우리는 ANSYS16.1의 FLUENT를 리용하여 류체력학적모의를 진행하고 수감부의 구조파라메터들에 대한 최량값들을 결정하였다.

론문에서는 실용적으로 많이 사용되고있는 표준 $K-\varepsilon$ 모형을 리용하여 란류특성을

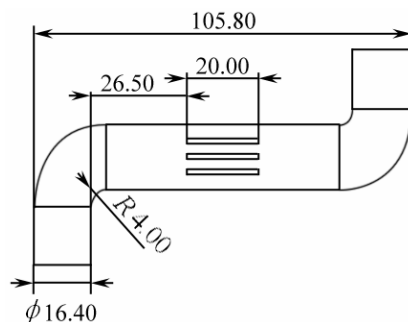


그림. 류량수감부의 자름면도

고찰하였다.

수감부에서 류체의 흐름속도는 7m/s이하이므로 비압축성류체로 볼수 있으며 2차원비압축성류체의 운동방정식은 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}\bar{v}}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_\tau \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_\tau \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) \\ \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}^2}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_\tau \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_\tau \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) \end{aligned} \right\}$$

여기서 v_τ 는 회리점성계수, \bar{u} 는 란류를 가진 x 방향흐름속도 u 의 시간평균값, ρ 는 류체밀도, \bar{v} 는 란류를 가진 y 방향흐름속도 v 의 시간평균값이다.

그물분할 및 경계조건

그물분할은 벽근방에서는 세밀하게 진행하고 그밖의 구간에 대해서는 팽창법(Inflation)을 리용하여 그물크기를 더 크게 하였다.

그물의 크기는 0.001~0.1이며 중요소수는 120만개정도이다. 요소수가 이 값보다 작으면 풀이가 수렴하지 못하고 발산한다.

수감부에 대하여 적용한 경계조건은 다음과 같다.

입구에는 7m/s의 속도조건을 주고 출구에는 자유경계조건을 적용하였다.

겉면과 저항판부분들에는 벽경계조건을 주었다.

모의파라미터설정

차압식류량수감부의 최량화구조를 결정하기 위해 3개의 파라미터 즉 수감부의 구부러짐부위의 곡률반경 R , 저항판의 길이 L , 곡률시작점으로부터 저항판시작점까지의 거리 S 의 값을 바꾸면서 압력특성과 란류특성에 대한 모의를 진행하였다.

매 파라미터들의 변화범위는 다음과 같다.

R : 0mm, 2mm, 4mm, 8mm (저항판의 길이 20mm, 저항판의 위치 26.5mm)

L : 5mm, 10mm, 15mm, 20mm (곡률반경 4mm, 저항판의 위치 26.5mm)

S : 26.5mm, 31.5mm, 36.5mm (곡률반경 4mm, 저항판의 길이 20mm)

2. 모의결과 및 분석

먼저 수감부의 입구쪽 구부러짐부위의 곡률반경을 변화시키면서 수감부의 앞과 뒤에 서 압력과 류량을 계산하였다.

저항판의 곡률반경에 대한 압력과 란류특성은 표 1과 같다.

모의결과를 보면 저항판의 앞과 뒤에서의 압력차와 란류세기는 곡률반경이 커지는데 따라 작아지다가 반경이 8mm가 되면 다시 커지는 경향이 있다. 즉 곡률반경이 4mm일 때가 가장 좋다는것을 알수 있다.

다음으로 저항판의 길이를 변화시키면서 수감부의 앞과 뒤에서의 압력과 류량을 계산하였다.

저항판의 길이변화에 대한 압력과 란류특성은 표 2와 같다.

모의결과를 보면 저항판의 길이가 커지는데 따라 앞과 뒤에서의 압력차는 커지고 란류세기는 작아진다. 즉 저항판의 길이가 20mm일 때가 다른 경우보다 압력특성과 란류특성이 가장 좋다는것을 알수 있다.

표 1. 곡률반경에 대한 압력과 란류특성

R/mm	압력/Pa		란류에네르기/(J·kg ⁻¹)		란류세기/%	
	앞	뒤	앞	뒤	앞	뒤
0	45.8	21.9	2.7	1.5	125	95
2	43.8	21.8	2.6	1.4	140	95
4	35	16.8	1.5	1.3	110	95
8	37.1	16.6	2.2	1.3	125	103

표 2. 저항판의 길이변화에 대한 압력과 란류특성

L/mm	압력/Pa		란류에네르기/(J·kg ⁻¹)		란류세기/%	
	앞	뒤	앞	뒤	앞	뒤
5	30.9	21.3	2.1	1.6	110	95
10	34.4	20.6	2	1.4	95	95
15	36.3	18.7	2.3	1.4	132	88
20	35	16.8	1.5	1.3	110	95

마지막으로 저항판의 위치를 변화시키면서 압력과 란류특성을 계산하였다.(표 3)

표 3. 저항판의 위치변화에 대한 압력과 란류특성

S/mm	압력/Pa		란류에네르기/(J·kg ⁻¹)		란류세기/%	
	앞	뒤	앞	뒤	앞	뒤
26.5	35	16.8	1.5	1.3	110	95
31.5	48	17	2.2	1.6	95	102
36.5	44	20	2.3	1.3	117	95

모의결과 첫번째의 경우가 란류특성이 제일 좋다고 볼수 있다.

맺는 말

ANSYS16.1의 FLUENT를 리용하여 지속양압치료기에 사용되는 차압식류량수감의 기본파라미터들인 구부러짐부위의 곡률반경과 저항판의 길이, 저항판의 위치에 따르는 압력과 란류특성을 모의한 결과 구부러짐부위의 곡률반경은 4mm이고 저항판의 길이는 20mm이며 저항판이 수감부의 중심에 놓일 때 가장 최량화된 구조를 가진다는것을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] J. Yao et al.; SciVerse ScienceDirect, 31, 274, 2012.
- [2] Mafalda van Zeller, ScienceDirect, 107, 2046, 2013.
- [3] K. Sutherland et al.; Sleep and Biological Rhythms, 13, 26, 2015.

주체108(2019)년 9월 5일 원고접수

On Optimized Structure of Differential Pressure Sensor Used in Continuous Positive Airway Pressure(CPAP) Equipment

Kim Hyon Il, Ryu Chol Man

We have calculated the basic parameters of sensor-the characteristics of pressure and turbulence incident to radius of curvature of bent part in sensor, length of resistance plate, and its position in order to determine their reasonable values. Thus we have found the optimized structure of sensor and enhanced the characteristics of CPAP equipment.

Keywords: CPAP(continuous positive airway pressure) equipment, differential pressure sensor