

## VII 一般演題 E 3. 高圧用人工肺の試作について

横須賀地区病院潜水医学実験部

森田明紀 川島祥三

潜水用呼吸器の開発研究において、その基礎的、並びに総合的特性を求める場合、深々度にて長時間の安定した呼吸が要求される。

従つて、高圧曝露時の体内不活性ガスの出納、並びに呼吸生理学的問題から、潜水用呼吸器の開発研究における生体使用は非常に制限されてしまい、満足な研究が出来ないのが現状であつた。そこで今回、生体にかわる高圧実験用人工肺を試作し、種々の特性について検討し、実用に供し得る性能を得たので報告する。

〔方法〕

高圧用人工肺は、正弦波ポンプと炭酸ガス供給装置の2つにわけることができる。従つて、人工肺の特性としては正弦波ポンプの換気特性、炭酸ガス供給装置の流量特性、並びに総合特性を求める。尚、ポンプ駆動部分に耐圧性(245m)をもたすことにより、高圧室外の操作で完全に生体の不要な高圧曝露をさけることができる。

### 1. 人工肺正弦波ポンプの特性

正弦波ポンプは分時呼吸数が可変であり、一回換気量も変化できるので、それらの組み合わせにより分時換気量も変えることができる。そこで、ベネディクトロス型スパイロメーターを用いて、正弦波ポンプの一回換気量、分時呼吸数、分時換気量を測定した。

### 2. 炭酸ガス供給装置

潜水用呼吸器の炭酸ガス吸収機構の特性を求めるために人工肺を用いる場合、最も問題となるのが炭酸ガス供給量の調整と、炭酸ガス供給タイミング、即ち呼吸パターンとの同期である。そこで人体の呼吸ガスCO<sub>2</sub>濃度変化に類似のパターンを得るために、呼気相でCO<sub>2</sub>が吐出する様に近接スイッチと鉄板を正弦波ポンプのクランク盤に取付け、ソレノイドと組み合わせて検討した。CO<sub>2</sub>供

給量はマイクロニードル弁にて調節した。

〔結果、並びに考察〕

### 1. 正弦波ポンプ特性

正弦波ポンプは、一回換気量が  $0.46 \sim 3.96$  l であつた。一回換気量  $3.96$  l というのは、普通人の努力性肺活量に近い値である。また分時換気量は  $2.50 \sim 16.00$  l/min であつたが、これは生体の安静時以下の状態から、最大努力性換気量以上の換気状態を再現でき、種々の呼吸器試験に応用できる。なお、この実験は大気圧のみで行なつたが、深度  $245$  m の耐圧テストでも作動は正常であつた。

### 2. 炭酸ガス供給装置

炭酸ガス供給量制御用のマイクロニードル弁について、弁目盛と流量、並びに深度と流量の関係を人工肺とソレノイドの組み合わせで検討したところ、ニードル弁目盛と流量はほぼ直線となり、 $y = 1.61x + 0.021$  なる関係を示した。深度と流量の関係も同様で、 $y = 0.01x + 1.1$  (ニードル弁目盛  $0.60$ )、 $y = 0.09x + 0.83$  (同  $0.50$ )、 $y = 0.07x + 0.60$  (同  $0.45$ ) となつた。これはタンク内にあるニードル弁の調圧器が差圧型であり、深度が増すと比例してニードル弁供給ガス密度が増加し、大気圧換算流量がふえるので、このような  $\text{CO}_2$  供給方式を使う場合はあらかじめ目的深度におけるニードル弁目盛と流量との関係を求めておく必要がある。

各深度における呼吸ガス  $\text{CO}_2$  濃度パターンを生体における深度変化と類似にするために、ニードル弁流量と  $\text{CO}_2$  濃度パターンを各深度について検討したところ、各深度において標準状態流量  $1.0$  l/min を流せば生体と類似のパターンが得られた。しかしながら、近接スイッチを作動させる鉄板の位置や長さを変えて、 $\text{CO}_2$  供給タイミングや時間を種々変えてみたが、alveolar plateau は得られず、どうしても sine curve になつてしまう。これは呼吸器のマウスピースに近い部分に  $\text{CO}_2$  を供給しているためで、ポンプの駆動部、即ち人工肺に直接流せば、死腔の問題を除けばマウスピース部の  $\text{CO}_2$  濃度パターンは、alveolar plateau に近いものになると思われるので、今後検討してみ

たい。しかしながら、この現象は呼吸器のCO<sub>2</sub>吸収機構の特性試験に用いるには、何ら問題にはならない。即ち、一回のtidalにおける $\dot{V}CO_2$ (積分値)が生体と同じであれば、流量と粒子間隙の関係を示すCO<sub>2</sub>吸収キャニスターの試験には同じ効果を表わす。

〔 結 論 〕

今回我々が試作した人工肺は、潜水用呼吸器の開発を行う場合に十分実用に供し得る事がわかった。

なお、今後、より生体に近いものにする為CO<sub>2</sub>供給部位を検討すると同時に、温度制御についても考えてみたい。

〈 質 問 〉 東京医科歯科大学 梨本一郎

1. Alveolar CO<sub>2</sub> のパターンと違つても問題はないというが、キャニスター中のflowに影響があるのではないか。
2. O<sub>2</sub> 消費のシミュレーションができるのか。

〈 答 〉 横須賀地区病院 森田明紀

1. alveolar plateau なパターンを得られなくても、呼吸袋を介すので、CO<sub>2</sub>濃度は袋内の混合により、一定値となつてキャニスターに供給されるので問題ない。
2. 閉式潜水器のPo<sub>2</sub>センサーに低酸素気圧を感応させることにより、O<sub>2</sub>を補充させるためにN<sub>2</sub>をバージさせて、回路内O<sub>2</sub>を消費させることを考えたが、実際に組み立てた理論とはなかなか一致せず、今回発表をさけた。