

## ●原 著

## 高気圧酸素治療中のディスポーザブル人工蘇生器の性能

大塚 浩司\* 石川 勝清\* 川原 秀嗣\*  
四釜 裕睦\* 石川 岳彦\* 劔物 修\*

ディスポーザブル人工蘇生器が人工呼吸器として使用されてきている。本機器は電源を必要としないため、高気圧酸素治療装置内で人工呼吸器として使用できる可能性がある。私共は人工肺を用いて、高気圧酸素治療中の従圧式人工呼吸器としての有用性を評価した。本機器は円滑に人工肺を換気することが可能であったが、治療中に換気様式が変化した。装置内圧の上昇に伴い、吸気時間は延長し換気回数は減少した。気道内圧は変化なかった。ディスポーザブル人工蘇生器は高気圧酸素治療中の人工呼吸器として使用可能であるが、装置内圧に従って換気設定を調整する必要がある。

キーワード：多人数高気圧酸素治療、ディスポーザブル人工蘇生器、人工呼吸

### Function of a disposable resuscitator under hyperbaric oxygenation therapy

Hiroshi Otsuka, Masakiyo Ishikawa, Shuji Kawahara, Hirochika Shikama, Takehiko Ishikawa, Osamu Kemotsu

Hokkaido University School of Medicine Department of Anesthesiology and Critical Care Medicine

A disposable resuscitator has been introduced in temporary mechanical ventilations. As this device does not need any electrical supply, it may be applicable as a ventilator in a hyperbaric chamber. We evaluated the usefulness of the device as a pressure-limited ventilator during hyperbaric oxygenation therapy (HBO) using an artificial lung. Although the device could smoothly ventilate the artificial lung, the ventilatory pattern altered during the treatment. The increase of the chamber pressure caused an increase of inspiratory time and a decrease of respiratory rate. Airway pressures remained unchanged. While the disposable resuscitator can be applied as a ventilator during HBO, ventilatory settings must be regulated according to the pressure circumstance.

**Keywords :** \_\_\_\_\_

multichamber hyperbaric oxygenation  
disposable artificial resuscitator  
artificial ventilation

### はじめに

人工呼吸中の患者に高気圧酸素治療 (HBO) を行う場合には、少なからず制約がある。特に用手的に換気する場合には同伴医師の負担が大きく、処置や観察に制約が生じてしまうことが患者管理上問題となる。酸素ガスを駆動力とするディスポーザブル人工蘇生器が考案されたが、この機器のHBOへの応用は患者管理上有用である可能性がある。しかし、高気圧環境での作動状況については評価されていないことから、第2種高気圧酸素治療装置内でディスポーザブル人工蘇生器による調節呼吸が可能であるかを人工肺を用いて検討した。

### 方 法

本研究には第2種高気圧酸素治療装置としてのKHO-301B (川崎エンジニアリング)、容積24.2m<sup>3</sup>での主室を用いた。吸入用酸素は圧力制御弁にて2次圧4 kgf/cm<sup>2</sup>の定差圧にてHBO装置本体へ、さらにフロートタイプ酸素流量計 (0-30L/分、DISSコネクタ、三幸製作所) を介して供給させた。ディスポーザブル人工蘇生器はマノメータ付きレスピロテック® (Vortran Medical Technology

\*北海道大学医学部侵襲制御医学講座

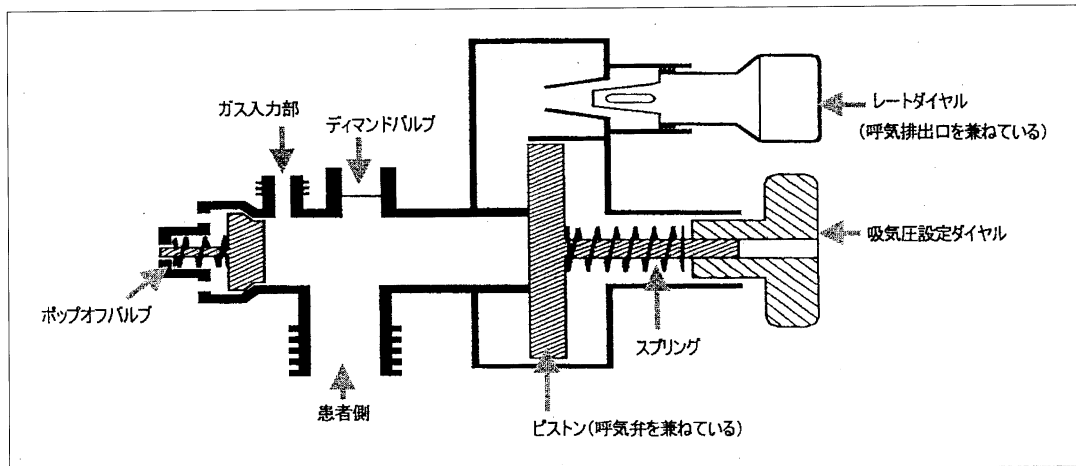


図1 レスピロテックの模式図

1, Inc., USA) を用いた。患者コネクタに人工鼻を接続、さらに人工肺 Lung Ventilator Performance Analyzer (BOC medical, UK) に接続し、肺コンプライアンスは20あるいは50ml/cmAqに設定した。正常肺コンプライアンス (50ml/cmAq) では一回換気量500ml, 呼吸回数12/分, 低肺コンプライアンス (20ml/cmAq) では一回換気量450ml, 呼吸回数16/分となるように、酸素流量、吸気圧設定ダイヤル、レートダイヤルをそれぞれ調整した。全治療時間90分間の絶対3気圧の治療を再現し、換気の様子を観察した。

## 結 果

肺コンプライアンスを50ml/cmAqに設定した場合、酸素流量15L/分、吸気圧20cmAqにて換気設定可能であった。気道内圧は3～20cmAqであった。加圧するに従って、吸気時間が延長していき呼吸回数は12から6.5回/分に減じた。肺コンプライアンスを20ml/cmAqに設定した場合、酸素流量20L/分、吸気圧40cmAqにそれぞれ増加させる必要があった。気道内圧は5～40cmAqであった。正常肺コンプライアンスの時と同様に、加圧に従って吸気時間が延長していき呼吸回数は16から9回/分へ減じた。何れの換気設定にても、加圧により吸・呼気相比は減少 (吸気時間が延長) したが、一回換気量、気道内圧に変化は認めなかった。基本的な作動に問題点を認めなかった。

## 考 察

第2種高気圧酸素治療装置内で人工呼吸するためには以下の方法が考えられる。専用の貫通コネクタを介した装置外の人工呼吸器により換気する方法では、コネクタの工事が必要、専用の呼吸器が必要、装置内では呼吸パラメーターを調整できない、など経済性および調整性に問題がある。装置内で用手的に換気する方法では、同伴医師の負担が大きく、気管内吸引など処置や患者観察に制約がある点が問題となる。装置内で人工呼吸器を用いる理想的条件としては、省スペース、ガス動力、装置内圧の影響を受けない換気、吸入気や換気モードの変更が可能、火災の危険性がない、ことなどが挙げられるが<sup>1)</sup> 未だ理想的な物はない。

ディスプレイザブル人工蘇生器 (図1) は救急処置室や病棟での人工呼吸器や蘇生バッグの代用、あるいは患者搬送時の呼吸管理、さらに災害用備蓄として考案されたものである。小型軽量であることに加えて電源を必要とせず酸素ガスを唯一の駆動力とする点から、西暦2000年問題への対応医療機器として俄に脚光を浴びてきた。ディスプレイザブル人工蘇生器では、装置内にて調整可能で医師の処置への制約も無くなる点が大きな長所となる。通常の中配管により酸素が供給された場合の作動原理は以下になる。

(1) 供給酸素はレスピロテックガス入力部に

表 1 HBO中のディスプレイ人工蘇生器使用

<p>〈欠点〉</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 駆動及び吸入用の酸素流量の不安定性</li> <li>2. 装置内への酸素流入量増加（必要換気流量の増加）</li> <li>3. 自発呼吸のある患者では空気を吸入してしまう</li> </ol> <p>〈長所〉</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 同伴医師がハンズフリーとなる</li> <li>2. 専用の人工呼吸器や貫通コネクタを必要としない</li> <li>3. 他も目的にも使用可能</li> </ol>
--

て40L/分に調節される。(2) 吸気圧設定値（吸気圧設定ダイヤルで調整）まで気道内圧が上昇するとピストンが開放され呼気相に入る。(3) 気道内圧が再び低下していくと（厳密には2つのピストンの面積比率から設定気道内圧の約1/10まで低下すると）スプリングの復元力にて呼気弁を兼ねたピストンが閉鎖する。(4) 呼気排出弁において排出抵抗を変えることで呼気時間を調整し、呼吸回数の設定が可能となる（レートダイヤル）。(5) 自発吸気時には一方弁を介して室内空気が吸入される。このように基本的には従圧式人工呼吸器の性能を兼ね備えていた人工蘇生器である。したがって、ディスプレイ人工蘇生器の換気設定が一定の場合、吸入酸素流量が減少すると設定圧力に至るまでの吸気時間が延長（呼吸回数が減少）し、さらに肺コンプライアンスが減少すると一回換気量は減少する。通常環境でレスピロテックを使用する際には、供給酸素圧力3～4 kgf/cm<sup>2</sup>、流量20L/分以上が必要とされている。HBO用の酸素供給圧は4kgf/cm<sup>2</sup>の定差圧供給されているため、加圧後も一定の圧差にて酸素が流入する。レスピロテックの酸素入力部のピンホールにて流量制御されることになっているが、実際には分時換気量6L/分の正常肺コンプライアンスでは酸素流量は15L/分で充分であった。ただし、気圧の変化と伴わなくても肺コンプライアンスの低下あるいは換気必要量が增大した場合には、供給酸素流量を増加させなければならない。

レスピロテックを使用してHBOを行った場合、加圧に従い吸気時間が延長している。この理由としては加圧に伴う酸素流量の減少および呼気弁を

開放させるために必要な酸素量が增大したためと考えられる。供給圧の高さにも影響されるが、装置内への酸素の流入量は装置内圧の増加に伴い減少している<sup>2, 3)</sup>。加圧に従い吸気時間は延長するが、この場合には供給酸素流量を増やすことで加圧前の換気設定に戻すことが可能であろう。このようにレスピロテックによる人工呼吸を行いながらHBO実施する際には、装置内圧の変化に応じて供給酸素流量を調整することが必要となる。加圧治療中の酸素流量は多くなるため、治療室内酸素濃度の安全基準値を維持するために空気換気流量を増加させる必要がある。用手的に換気する場合を除き、人工呼吸中は気道内圧のモニタリングは必須であると考えられる。レスピロテック使用中は設定気道内圧の1/10程度のPEEP（positive end-expiratory pressure）がかかることから、気道内圧に加え心電図、血圧のモニタリングも必須となる。自発呼吸のある患者でもダイヤモンドバルブより吸気可能である。ダイヤモンドバルブに酸素リザーバを装着することも可能ではあるが、自発呼吸の強い患者では空気の吸入量が多くなってしまいう欠点がある。

スプリングコイルによる気道内圧測定を可能とするマノメータ付きのディスプレイ人工蘇生器は1個当たり13,000円であり、1回限りの使用であることを考えるとランニングコスト上は非経済的である。しかし、HBO中に人工呼吸を要する患者が少ない施設において、人工呼吸器を購入することと比較すると相当に安価である。しかも、患者搬送時や救急などの他の用途への流用や非常用備蓄として有効に利用可能であり、不良在庫化

しにくい機器である。このように気圧の変化に伴う調整, PEEPの影響, 未評価の耐久性, コストなどがディスポーザブル人工蘇生器の問題であるが, 同伴医師の負担の軽減の長所は大きく, 絶対3気圧のHBOを再現させる限りディスポーザブル人工蘇生器による換気に大きな問題は認めない(表1)。

#### [参 考 文 献]

- 1) 湯佐祥子: 重傷患者に対する高気圧酸素療法 of 患者管理について, 日高压医誌 32: 267-275, 1998
- 2) 森幸夫, 江東孝夫, 戸崎剛: 高気圧酸素治療における酸素投与に備えた定流量制御弁開発の試み, 日高压医誌 33: 91-98, 1999
- 3) 鈴木英一, 日沼吉孝, 波出石仏, ほか: 高気圧酸素治療中における酸素流量および吸気酸素濃度の低下について, 日高压医誌 26: 201-206, 1991