

## ●特集・安全な高気圧酸素治療のために

# 高気圧環境下での機器使用

渡辺久志\*

### はじめに

第一種高気圧酸素治療装置（以下、「一種装置」と記す）を用いた治療中に使用される機器と電極には、人工呼吸器、輸波ポンプ、心電計、脳波計等の電極があり、これらの各装置本体は一種装置の外部に設置して使用されている。

### 人工呼吸器

高気圧酸素治療（以下、「治療」と記す）の適応疾患の中には、人工呼吸器を必要とする患者と、その他の換気補助を必要とする患者がいる。人工呼吸器の使用に際しては、一種装置内で起こる圧力変化（加圧・減圧）に対して、患者の胸部を観察しながら、手動的に対応できる機能を備えている一種装置専用の人工呼吸器が必要となる。

#### 1. 分類と基本的動作原理

##### 1) 従圧式と従量式

現在、大気圧下で使用されている人工呼吸器の多くは従量式（吸気をあらかじめ設定）であり、機種は少ないが従圧式（気道にかかる圧を設定）も使用されている。

人工呼吸機の本体を一種装置外（大気圧下）に設置するので、従圧式ではなく従量式を用いて使用する。

##### 2) 換気量設定方式による分類

人工呼吸管理に大切なのは、必要換気量を維持することであり、その設定方式には2種類ある。

① 換気量直接設定方式：この方式では、一回換気量または分時換気量を直接、ダイヤルなどで設定する。（ボリュームサイクル式）…当大学ではこのタイプを使用している。

② 吸気流量・吸気時間設定方式：この方式では、

吸気流量と吸気時間の2つのダイヤルの組合せによって換気量を決定する。（タイムサイクル式）

#### 3) 基本的動作原理

すべての人工呼吸器は、「吸気弁」の開閉により吸気と呼気が切り換えられるという基本的動作原理によっている。

① 吸気時：吸気時には人工呼吸器がガスを送り始めると同時に呼気弁が閉じられる。送り出されたガスは、回路に残存して損失となる量（回路内圧縮ガス）を除き、すべて患者の肺に入る。

② 呼気時：呼気が始まると、人工呼吸器からの送気が止まり呼気弁が開いて患者からの呼気が大気中に排出される。

#### 2. 一種装置と人工呼吸器の接続

人工呼吸器（図1）は、二つの基本的な装置からなり、一つは患者と共に加圧される呼吸回路であり、もう一つは一種装置外に設置された制御装置である。これらの装置は、一種装置の扉に取り付けられた耐圧貫通孔を経由して、一本のホースで接続されている。

#### 3. 患者の条件

現在、当大学で使用している一種装置専用の従量式人工呼吸器の換気様式は間欠式陽圧呼吸のみであり、患者は自発呼吸のないことが条件となる。

調節呼吸とは、吸気時に気道内に陽圧を加えることによって肺泡を拡張させ、ガス交換を行う方法で、呼吸数、一回換気量、吸気時間と、呼気時間の設定、吸入酸素濃度などの呼吸のすべてを人工呼吸器に依存する呼吸モードである。

#### 4. 操作手順（機種によって異なる）

使用条件として、例えば患者の呼吸数を12回、一回換気量を500ml、吸気時間（I）を1秒、呼気時間（E）を2秒と設定すれば、I E比は1：2となり、総吸気流量は30 l/分となる。また、吸気酸素濃度は100%である。

\*群馬大学医学部附属病院高気圧酸素治療室

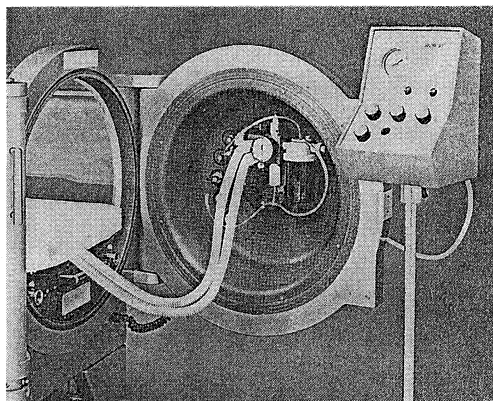


図1 人工呼吸器を装備した状態

総吸気流量は次式より求められる。

総吸気流量(ml) = 一回換気量(ml) ÷ 吸気時間(秒)

- 1) 一種装置の外扉(貫通孔)に人工呼吸器本体を接続する。
- 2) 一種装置の内扉(貫通孔)に患者呼吸回路(ネブライザー, 吸気・呼気バルブ, 呼吸回路用蛇管等)を接続する。
- 3) 人工呼吸器前面のコントロールパネルでメインバルブをONにし, 吸気流量, 吸気時間, および呼気時間を設定する。
- 4) 呼吸回路用蛇管アダプターを介して患者に接続する。
- 5) 治療開始
- 6) コントロールパネル内にある, フロー圧力計(一種装置内圧に連動する呼吸回路で駆動圧力を表示)で正常に作動しているか確認する。
- 7) 治療中の主な監視は, 呼吸回路の脱落と吸引の必要性である。
  - ①患者呼吸回路の脱落はすぐに判断できるが, 再接続は不可能である。
  - ②吸引の必要性の判断は困難で, 吸引も不可能である。
- 8) 緊急時は, 緊急手動操作ボタンを押すことによって, 患者へのガスの流れをコントロールする。しかし急激なガスの膨張の危険性があり, 使用に際しては充分の注意や訓練が必要である。

### 5. 注意事項

- 1) 意識のない患者は耳抜きができないと, 激しい体動を起こすので事前にピンホールもしくは鼓膜切開をしておく。

2) 治療中は吸引出来ないので, 喀痰等は治療前に充分, 吸引しておく。

3) 気管内挿管チューブのカフ内の空気はボイルの法則に従って縮小する。精製水で満たすか, 事前にカフ内の空気の圧力を高めておく。

4) 治療中は喀痰等による気道閉塞の危険性があるので, 常に, 患者の胸部の動きを確認し, 呼吸が安定していることを換気量計等で確認する。

5) 人工呼吸器を使う時は, 医師の監督・監視が必要である。

### 輸液ポンプ

治療中に輸液を行う場合, 自然落下方式で行っている。一種装置では, 内容積の広さ又輸液瓶と輸液部位までの高さ(落差)の問題等により, 行えないことがあるので輸液ポンプが必要となる(表1)。

#### 1. 輸液ポンプの電撃防護と駆動能力の条件

電撃防護の形式は, 必ず「クラス I CF型」を選定する。最近では, 電磁波に影響されず, 他の機器に影響を与えるような電磁波を発生しない機種がある。

一種装置の最高治療圧力値(2.8ATA)以上の駆動能力を有していないと, 輸液の滴下流速の変化がおき, 輸液量に誤差が生じる。また, 輸液が停止してしまう可能性がある。

#### 2. 一種装置と輸液ポンプの接続

輸液ポンプと耐圧貫通孔(図2)の接続は輸液セットのチューブを用いて, パススルー(金属製の筒)を経由し, 輸液セットの穿刺針より静脈等に穿刺されるので, 耐圧貫通孔とパススルーの消毒が問題となるので注意が必要である。

最近では, パススルーのかわりにプラスチックのロック式(ディスプレイ)が開発されている。

#### 3. 操作手順(機種により異なる)

- 1) 輸液ボトルと輸液セットのチューブを専用のスタンドにセットする。
- 2) 輸液ポンプを専用のボールクランプにセットする。
- 3) 輸液セットのドリップチャンバーを, 輸液ポンプのドリップセンサーへ正確にセットする。
- 4) 輸液セットのチューブと穿刺針を, 消毒済みのパススルーを経由して一種装置内に接続する。又, パススルーの接続時は, 輸液の漏れ, 気泡の

表1 自然落下方式と輸液ポンプ方式の比較

	自然落下方式	輸液ポンプ方式
輸液速度	速度変化あり	速度変化なし
ボトル種類	限定あり（種類により）	限定なし
ボトル交換	出来ない	出来る
エア－針挿入	限定あり（挿入箇所により）	限定なし
自然停止	心臓の高さで停止する	停止しない（駆動式）
一種装置機種	限定あり（機種により）	限定なし
治療圧	制限なし	制限あり（機種により）
パススルー	――	漏れる可能性あり
電源（電撃）	――	受けない（クラスⅠ C F型）
電磁波	受けない	受けない（機種により）

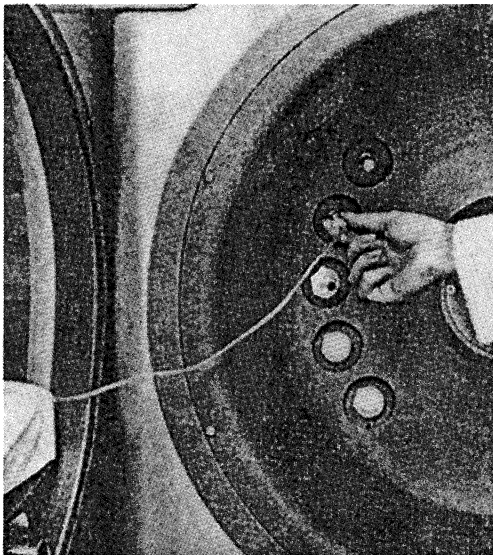


図2 耐圧貫通孔

混入等がないことを注意する。

- 5) 輸液セットの穿刺針より輸液を少し流し、輸液セット内に気泡の混入がないことを確認後、チューブのクランプを全閉にする。
- 6) 輸液ポンプ仕様の設定（電源 ON、流量、予定量、輸液量、アラーム機構等）をする。
- 7) 輸液セットの穿刺針を輸液部位に穿刺し、チューブのクランプを全開にする。
- 8) 治療開始
- 9) 治療中は、輸液部位の確認、輸液セットのチューブのねじれ、閉塞等、パススルーが正確に接

続されているか注意する。

#### 4. 使用時の利点

- 1) 輸液セットの穿刺針とチューブ以外は、一種装置の外部に設置されており、駆動装置を備えているので圧力変化時において点滴の流量変化が生じない。
- 2) ボトルの種類を選択と、エア－針の挿入箇所の問題が解決される。
- 3) 簡単に必要なボトルと交換できる。
- 4) 一種装置の内容積や高さ（落差）等の問題が解決される。

#### 5. 注意事項

- 1) 患者は、事前に排尿をさせておく。必要に応じて導尿をする。
- 2) 穿刺箇所や耐圧貫通孔から、輸液の漏れを監視する。
- 3) 輸液中は、気泡・閉塞・残量・電圧低下等の監視・確認が必要である。
- 4) 輸液が逆流をしたときの対策を立てておく。

#### 心電図モニタ

治療を受ける患者の中には、心疾患を伴うケースがあり、その状態変化の把握と監視に必要となる。

##### 1. 電極の種類

現在、多く使用されている心電図モニタ用電極の大半は使い捨て（ディスポーザブル）で、心電図モニタ用ディスポ電極は、素材や構造の違いによって次のタイプに分けられる。

- 1) プリゲル型（ゲル・パット型）電極は最も一

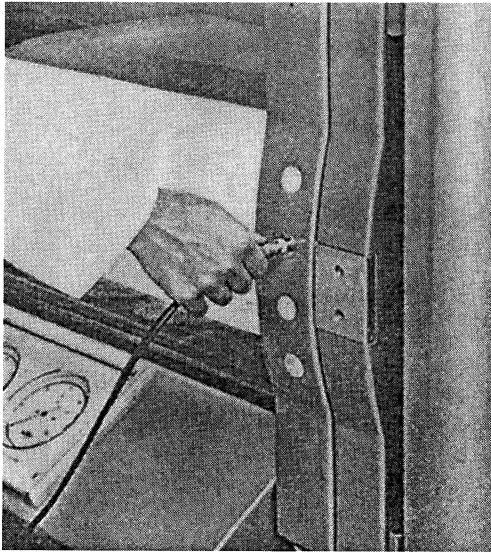


図3 耐圧貫通孔

一般的な電極である。

2) カラヤゴム電極は、プリゲル型電極の欠点を補っているが、粘着性が高く、貼り方に熟練を要する。

3) 炭素繊維電極は、電極とリード線が炭素繊維でできている。X線に写らない特殊な電極である。

注：電極は素材等により特長があり、利点の多い電極を選択する。

## 2. 一種装置専用の電極リード線と誘導コード

患者に装着された専用電極リード線は、一種装置内に取り付けられた耐圧貫通孔を経由して、一種装置内に設置されているMEボックス内の端子（または耐圧コネクタ）に接続されるため、一種装置の専用電極リード線をつくる必要がある。また、付属品の誘導コードを用いて、一種装置外にある耐圧貫通孔（図3）と心電図モニタの本体をつなぐための、一種装置の専用誘導コードをつくる必要がある。

## 3. 電極の誘導方法と装着部位

誘導方法は、双極・単極誘導法、標準肢誘導法（双極誘導法で、第I・第II・第III誘導の3種類がある）、単極肢誘導法、単極胸部誘導法等があり、心電図モニタの電極装着部位は、通常、変法第II誘導（図4）を用いることが多い。

## 4. 操作手順（機種によって異なる）

- 1) 電源コードの接続とON：必ず3Pの電源コード（JIS-T-1001）を使用する。
- 2) 心電図モニタ本体と専用誘導コードを用いて一種装置外の耐圧コネクタ等に接続する。
- 3) 一種装置内の耐圧コネクタ等に専用電極リード線を接続する。
- 4) 電極を取付ける部位の皮膚をアルコール等できれいに拭く。
- 5) 皮膚のアルコールが十分乾燥したら電極を正しい位置に貼る。
- 6) 感度調整は波形の大きさによって倍率を調整する。
- 7) 治療開始
- 8) 治療中は心電図モニタ波形と心拍同期音の監視が重要である。
- 9) 必要に応じて記録する。

## 5. 雑音（ノイズ）

雑音は内部と外部から発生する。外部からの雑音は、大別して交流障害・筋電図・ドリフトの3つの大きな要因がある。

### 1) 交流誘導障害（ハム）

心電図に50Hzまたは60Hzの正弦波が混入してくるものでハムともいう。交流誘導障害は、静電誘導・電磁誘導・漏れ電流があり雑音の原因となる。

### 2) 筋電図の混入

患者が緊張のあまり身体を強くしたり、一種装置内の温度が低い場合に発生する。

### 3) ドリフト（基線の動揺）

電極とペーストの間に発生する分極電圧（基線の安定）の変動である。

## 6. ME機器の安全基準

電流が体表面より流入したとき、発生する電気ショックをマクロショックといい、これに対し心臓に直接電流が流れ込んだときには、0.1mAという非常に小さな電流で心室細動を起こす危険性がある。このように心臓直接の電気ショックをマイクロショックという。心電図モニタをとるときは漏れ電流に注意する。また、機器は「クラスI」、形別は「BF形」以上であることを確認しておく。

## 脳波形

脳波により、中枢神経障害の症状の改善や治療

## 変法第Ⅱ誘導

記号	リード線	装着部位
L	黄	左鎖骨下窩
R	赤	右鎖骨下窩
LF	緑	左前腋窩線上で最下肋骨上

注：機種によってリード線の色が異なる。

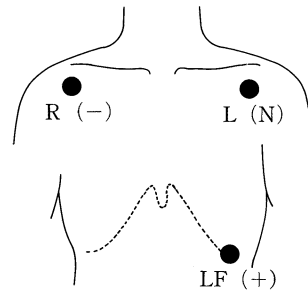


図4 変法第Ⅱ誘導

効果が判定できる。治療回数や治療圧力値等を決定する時にも有用である。一種装置専用の電極リード線と誘導コードの作成・誘導方法は、心電図モニタと同じである。

### 1. 電極の種類

現在、一番多く使用されている脳波計電極の大半は皿電極である。他には針電極やコロジオン電極などがある。

#### 1) 電極の素材

- ①銀・塩化銀を用いた電極は分極電圧（基線の安定）が低い。
- ②銀を用いた電極は分極電圧（基線の動揺）が高い。
- ③ステンレスを用いた電極は分極電圧が高い。

注：電極（図5）の選択は、皿電極（銀・塩化銀）が適している。

### 2. 電極の配置法

- 1) 10-20電極配置法は、「脳波検査」を目的とした時に用いることが適している。
- 2) 小児の電極配置法は、電極数（約12本）が少ない。治療を優先した時の電極の配置は、成人でも小児の電極配置法が適している。

注：脳波全体像をとらえるならば、電極数は9本（当大学の使用電極数：図6）でも可能である。患者の状態と時間が許すならば電極数は多いのが望ましい。

### 3. 皿電極の付け方

- 1) 電極取付部の皮膚を酒精綿でよくこすり、脂肪分を取り除く。
- 2) ペーストを直径1 cm くらい地肌にしり込むように塗る。このとき塗布面を広げてはならない。
- 3) 電極にペーストを厚さ1 mm くらい盛り上げ

る程度に塗り、部位に付ける。

- 4) 薄い綿花の小片、または3 cm 平方に切ったガーゼで電極をおおい、軽くまわりからおさえる。

注：新しい電極は、飽和食塩水の中に半日ぐらい浸して使う。電極の表面に塩化銀膜ができ、分極電圧の変化が小さく基線の変動が少ない。

### 4. 電極抵抗の測り方

電極が正しく付けられていることを確認するため、電極抵抗を測定する。

- 1) 電極抵抗測定用の電極を眉間に取り付ける。一般には、眉間についているアース用電極がこの代用として使われる。
- 2) 電極のリードチップを入力箱のZ端子または、アース端子に取り付ける。
- 3) 抵抗チェック用のSWを押すと、記録紙上またはブラウン管上電極抵抗の状態が表示される。

注：設定値（10K $\Omega$ ）を越えた場合は、電極を再度貼り直す。

### 5. 操作手順（機種により異なる）

- 1) 専用誘導コードを一種装置の耐圧貫通孔（外側）に接続する。
- 2) 専用電極リード線を一種装置の耐圧貫通孔（内側）に接続する。
- 3) 電源コードの接続と電源ON：必ず3 Pの電源コード（JIS-T-1001）を使用する。
- 4) 校正電圧（波形）を記録する。（感度・時定数・HI CUT・AC FILTER・記録速度等）
- 5) 電極を部位に貼り付ける。
- 6) 電極を電極選択器で選択し、必要な誘導法を選択する。また、記録する。
- 7) 治療開始。
- 8) 加圧中は、体動や発汗により電極のはずれ、

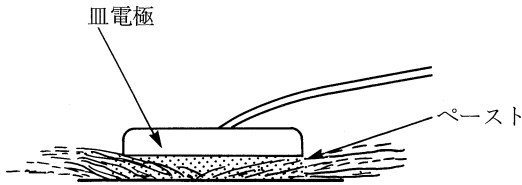


図5 皿電極の貼付け方

耳抜きや一種装置内の温度低下によって筋電図の混入が発生する。

9) 電極は、患者の状態によってはずれる可能性がある。はずれた時、脳波測定は、即、中止し電源を OFF にする。

#### 6. アーティファクト (人工雑音)

アーティファクトとは脳波以外の全ての雑音をいう。脳波信号が小さいため外部雑音が大きく影響をする。入力信号切換ツマミを CAL の位置において、CAL 波形が正常に記録される時、そのアーティファクトは機器外部より脳波と一緒に入ってきたものと判断できる。アーティファクトを除くことにより、正確な波形が記録できる。

#### 7. 注意事項

- 1) 耳抜きの燕下動作等は、筋電図混入の原因となるのでピンホール、もしくは鼓膜切開をしておくのが望ましい。
- 2) 一種装置内の温度が高いと発汗の原因となり、電極のはずれ・接触不良をおこす。
- 3) 一種装置と脳波計本体のアースがとれていることを必ず確認する。
- 4) アース線と専用電極リード線等が断線していないか導通試験をする。

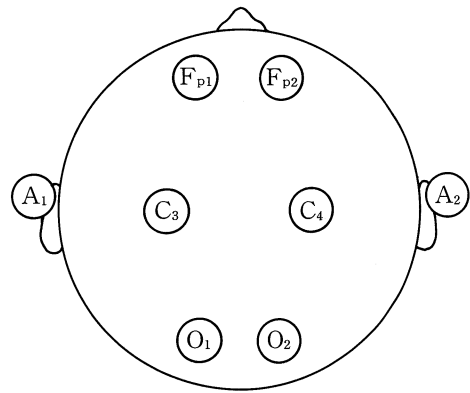


図6 当大学の電極配置

5) 治療室は脳波室と違い、金属やシールドシートなどで囲っていないので、交流障害等の影響を受けやすい。

6) 脳波記録中にトラブルが発生して、危険を感じたら、まず電源を切り、患者との専用誘導コードを取り外す。人体の安全が優先。

#### [参考文献]

- 1) 沼田克雄, 渡辺敏, 安本和正: 新判 人工呼吸療法 p26-30 秀潤社
- 2) 加納隆: Clinical Engineering Vol.3 No.4 92年 p234-241 秀潤社
- 3) 保坂栄弘: ME (医用工学) 入門 82年 電気大出版局
- 4) 病院のアース Q & A 83年 日本病院設備協会
- 5) 小野哲章他: 心電計・心電図モニタ・テレメータ 87年 南山堂
- 6) ME 機器ハンドブック I 88年 日本電子機械工業会 コロナ社
- 7) 大熊輝雄: 臨床脳波学 医学書院