

1. 人工呼吸器がどのように動いているかが説明できる

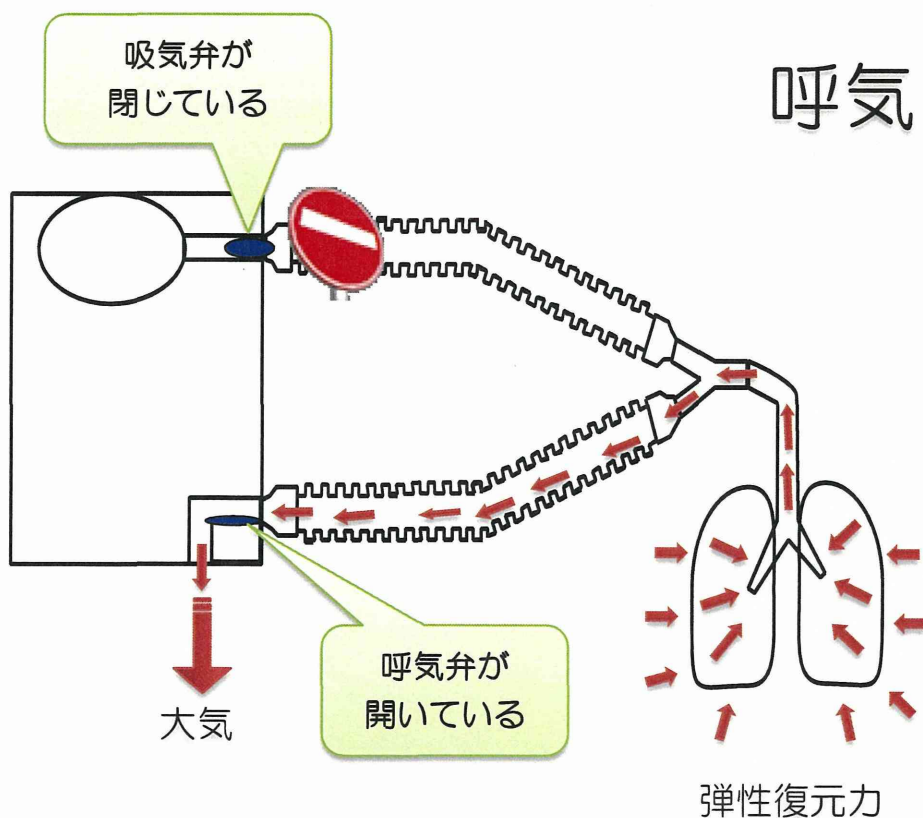
1-3. 人工呼吸器の呼気

次に呼気です。

呼気は先ほどと逆に吸気弁は閉じます。そして呼気弁が開く事でガスが大気へ流れだします。これが呼気です。

これを見ていただけ分かりますと思いますが、呼気時は人工呼吸器的には呼気弁を開いているだけで、別に呼気側から陰圧をかけて引っ張ったりしている訳ではありません。ではどのように呼気を行っているかという・・・肺は膨らんだらしぼむ性質を持っています。胸郭も広がったら元に戻る力を持っています。人工呼吸器の呼気はこの元に戻る力(弾性復元力)で行われます。

実は人工呼吸器は吸気を助ける機械で呼気は患者さんが自分で吐き出しているのです。まずはこのように考えてください。

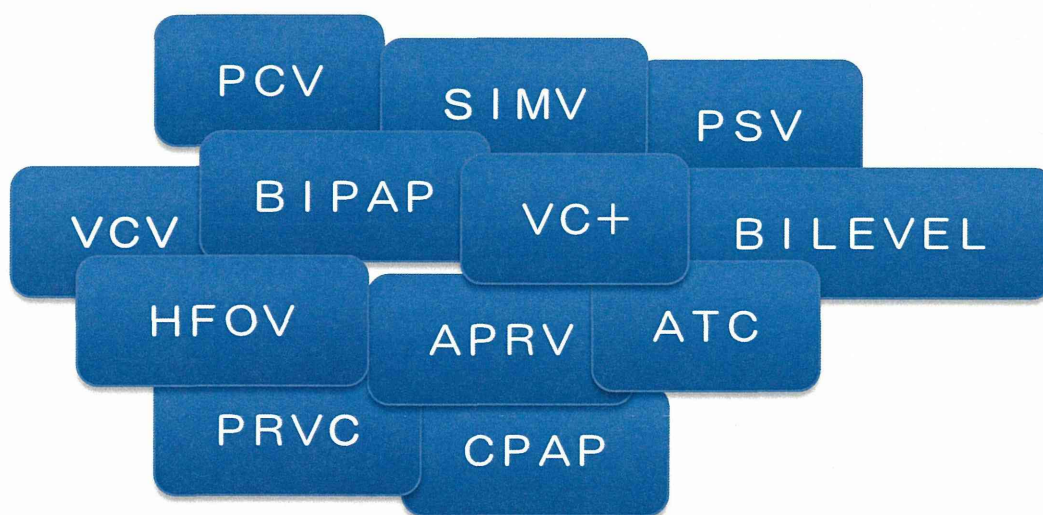


2. モードの構成要素を 3つ説明できる (トリガ・コントロール・サイクル)

2. モードの構成要素を3つ説明できる

2-1. 皆が大好きなモードはいくつある？

さあ皆さんが勉強したい「大好きなモード」は、いったい世の中にいくつあるでしょう?!
実は下記に示すようにたくさんあります。しかも、世の中に新しい人工呼吸器が発売される度に、新しいモードが出現してメーカーは「こんなモードができました!! どうだ!!」というような売り込みな感じでモードがどんどん増えています。しかし、先ほど人工呼吸器の基本的な動きを見ていただいたように、人工呼吸器は弁が2つ付いていてそれがいい感じで動作しているだけです。まずはモードを勉強するまえに抑えておく「どうやって弁を開け閉めするのか?」このタイミングを決めている要素がありますのでそこを学んでいきたいと思います。



モードはたくさんあるけれども
人工呼吸器の動作原理は
2つの弁を
開け閉めしてるだけです

2. モードの構成要素を3つ説明できる

先ほど人工呼吸器のモードを学ぶ前に、抑えるべき要素があると話しをしました。人工呼吸器を好きになれない理由として、モードが分からないという事が多いのではないのでしょうか。しかし、どんな複雑なモードでも所詮は2つの弁の動きですので、あまり難しく考えすぎずに進んでいきましょう。

人工呼吸器の動作は大きく3つの要素で動作しています。まず①「いつ」吸わせ始めるか(トリガ)、そして②「どうやって」吸わせるのか。最後に吸わせたので吐かせなければいけません。③「いつ」吸気をやめるか。

実はモードはこの組み合わせを使って動作を説明する事が出来ます。

ポイントは3つ!

「いつ」
吸わせ始めるか
トリガ

「どうやって」
吸わせるか
コントロール

「いつ」
吸気をやめるか
サイクル

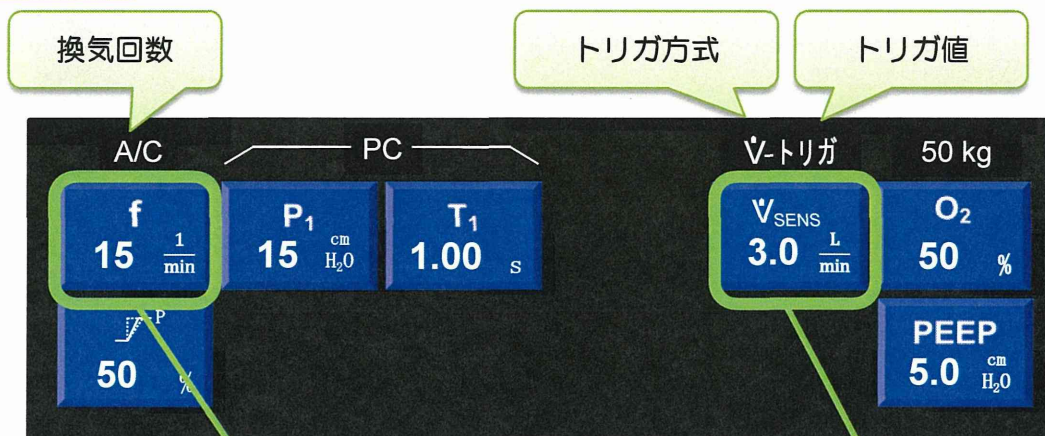
2. モードの構成要素を3つ説明できる

2-2. 「いつ」吸わせ始める?

では、まずは「いつ吸わせ始める」トリガの話です。トリガの種類は世の中に2つあります。一つは時間で決めるタイプ「**time-triggered**」と、何が何でも時間で決めていたら患者さんが自分で吸っている場合はあんまり快適ではなさそうですね。なので患者さんにあわせる方式「**patient-triggered**」という方式があります。Patient-triggered は図のようにトリガを感知するレベルを設定する場所があります。

次に時間で、時間はどのように決めているのでしょうか？実は換気回数を決める事で「時間」を決めている事になります。計算例を図に示しましたが、例えば換気回数を15回とした場合、換気回数は1分間の回数ですので、単純な計算ですが、 $60 \div 15 = 4$ 秒という感じが出てきます。要するに4秒に1回吸わせるという事になります。

A/Cの場合



time-triggered

吸う回数を決めると
決められた通りに吸わせ始める

f (換気回数) : 15回 (/min) だから、
 $60 \text{ 秒} / 15 \text{ 回} = 4 \text{ 秒}$ だから、
 4秒に1回吸わせることになる。

patient-triggered

自発呼吸を感知
患者さんが吸いたい
タイミングに合わせる

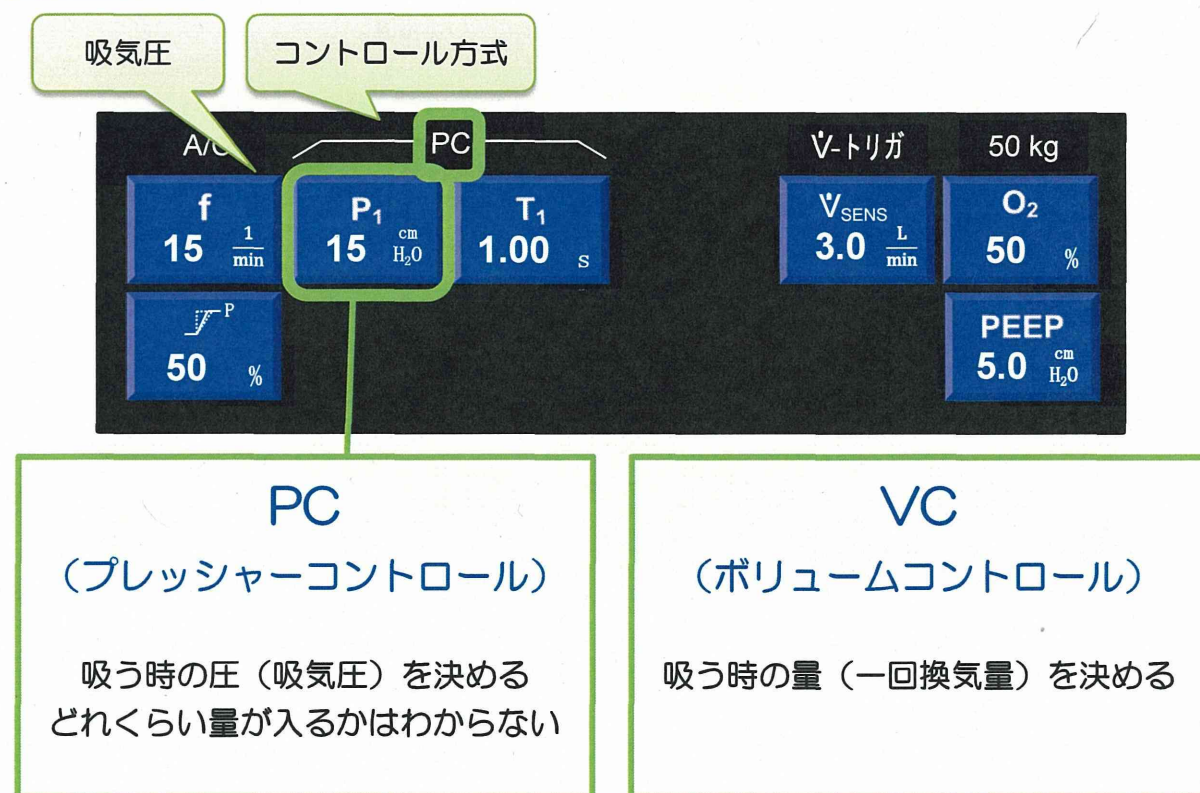
トリガ値が5.0 L/minということは…
 患者さんが5.0 L/minの速さで息を
 吸った時自発だと感知する
 ⇒ 吸う力が弱く感知しない場合は設定を
 下げる

2. モードの構成要素を3つ説明できる

2-3. 「どうやって」吸わせる？

次に「どうやって」の部分です。これも世の中に2種類しかありません。一つは吸う時の量を決める「ボリュームコントロール」と「吸うときにどれくらい肺に圧をかけるかという「プレッシャーコントロール」です。注意していただきたい事は、プレッシャーコントロールは肺にかかる圧を設定するので、圧は決まっていますが、その肺に「どれくらいの量」が入ったかは分かりません。患者さんの肺の堅さや柔らかさによって変わってきます。

A/Cの場合

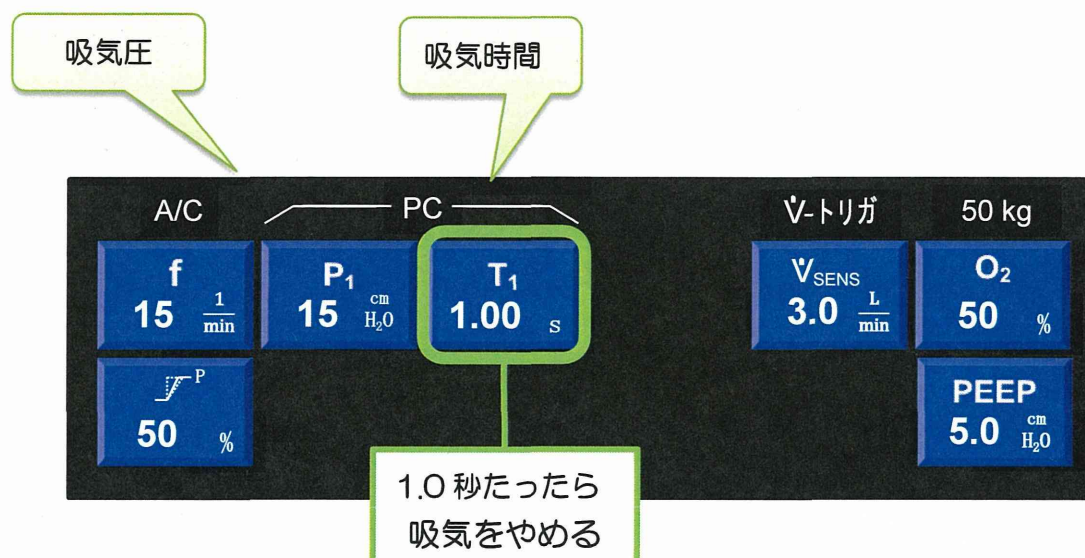


2. モードの構成要素を3つ説明できる

2-4. 「いつ」吸気をやめるか？

そして、吸わせる所までいきましたので、最後に止め時です。止め時には色々あります。例えば図で示したように、時間で決める場合これをタイムサイクル。もしボリュームコントロールだった場合 500 ml 入れたら吸気を止める（ボリュームサイクル）等があります。どのような設定にも止め時を決めている部分があります。

A/Cの場合



タイムサイクル : 吸気を時間で止める

ボリュームサイクル : 1回換気量が入ったら止める

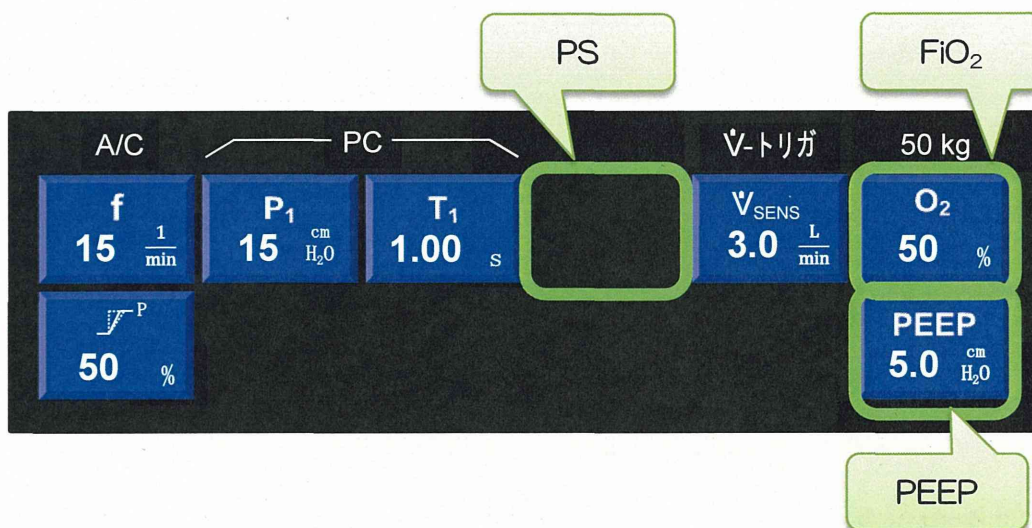
2. モードの構成要素を3つ説明できる

2-5. 他の設定

その他に図のような設定項目があります。FiO₂はいいですね。吸入酸素濃度です。ちなみに一番低い設定は21%で目一杯ダイヤルをまわしても100%です。

それでは次にPS(プレッシャーサポート)とPEEP(ピープ)とはいったいどのようなものだろうか、その辺を見ていく事にしましょう。

A/Cの場合



PEEP と PS とはなんだろう？

3. PS・PEEP について 説明出来る

2-6. PEEP ってなんだ？

Positive End-Expiratory Pressure

呼気終末

陽圧



はいてる時（呼気時）にかける圧

PEEPというのは「ピープ」と読みます。英語で書くと「Positive End-Expiratory Pressure」日本語では「呼気終末陽圧」とどっちで呼んでも、読みにくいのでPEEPと書いて「ピープ」と呼んでいます。普通の人でも2～3 cmH₂O程かかっています。

普通の人でも
2～3 cmH₂O
かかっている

PEEPをかけていると肺が完全にしぼまずに膨らんだままになっています。つまり虚脱しないという事です。肺は虚脱するとよろしくありません。肺の特性として、肺は膨らみにくくしぼみにくい特性を持っています。一度膨らんでしまえば、たいした圧をかけなくても肺は膨らみやすくなります。しかし一旦しぼんでしまうと肺は膨らますのに非常に強い圧が必要です。例えば風船を思い浮かべてください、完全にしぼんだ風船を膨らませる力（圧力）」と中途半端に膨らんだ風船を膨らませる力（圧）では、中途半端に膨らんだ風船の方が容易に膨らませる事が出来ます。つまり、それを呼吸の力とすると呼吸の仕事量がより少なく肺を膨らませる役割を持っている事になります。これがPEEPの役割の一つです。

3. PS・PEEP について説明出来る

2-7. PEEP による肺内容量増加

さらに下の図を見ていただければ分かるように、PEEP をかけていくと肺の容量が大きくなっていくのが分かると思います。つまり酸素化や換気の効率を上げる事が出来るのです。

少し専門的な用語で話しをすると、人は吐ききった場合でも肺の中にガスが残っています。それを機能的残気量と言います。この機能的残気量が低下すると酸素化が低下すると言われています。人間の酸素化は吸っているときだけ行われている訳ではありません。肺の中にあるガスが減れば、吸気呼気を全体的に見て酸素化は低下しますよね。つまりそういう事です。これを PEEP をかけて増やそうとしている訳です。

また、肺炎や肺水腫を患っている患者は、肺がしぼみ易い状況になっています。つまり機能的残気量が低下している状況になっているので、そういう人には外部から圧をかける必要があります。そう PEEP です。非常に重要ですね！！

3. PS・PEEPについて説明出来る

2-6. PSってなんだ？

Pressure Support



自発に合わせて
ちょっと後押し！！

吸いたい時に圧をサポートする

PSです。これはプレッシャーサポートと呼びます。モードに付随するオプションの一つです。基本的に患者さんの自発呼吸にあわせて少しサポートしてあげるもので、自発呼吸が無ければ作動しません。いわゆる先ほどの3つのポイントのトリガで言うと「patient-triggered」ってわけです。

どのような感じで動いているかというイメージですが、下の図に犬が細いストローを咥えている写真があります。もし犬がカフェラテを飲みたいと思ったら、犬は一生懸命細いストローを吸わなければなりません・・・

しかし、もし犬がカフェラテを飲みたいと思って吸おうとした瞬間にカフェラテの本体を手で押してみてください、犬は少しの力でカフェラテを飲める事になります。(押しすぎると飲みにくい・・・)

PSもこれと同じような動き、または使い方を行います。患者さんが細い気管チューブから楽に据えるように(呼吸仕事量の軽減)という意味合いで使います。しかし、押しすぎると飲みにくいというのと同じように、PSをやたらと高くすれば良いかという逆逆に飲みにくい(呼吸仕事量の増加)が起きますので注意してください。



吸いたい！！！！

4. 用語、部品&付属品 名前と役割

4. 用語、部品&付属品名前と役割が説明できる

4-1. 人工呼吸器用語編

人工呼吸器業界では様々な用語が使われています。特に設定やモニタに関する用語は人工呼吸器によって表示が異なるなど非常に多様で複雑です。

ここでは、筆者が特に重要であるという思う用語に絞ってお話ししていきたいと思います。まずは呼吸回数です、これは設定項目にも含まれますし患者さんの実測値いわゆるモニタにも表れていきます。この呼吸回数が単位と共にどのような意味があるのかを見ていきます。次に換気量です。これは従量式(VCV)では設定項目になりますし、もちろん患者の実測にも項目にもある用語です。さあ、換気量にはどのような種類の表示があるのか、どのような意味があるのかなど掘り下げていきましょう。

呼吸回数

換気量

4. 用語、部品&付属品名前と役割が説明できる

呼吸回数

表示は 1 分間の回数を表しています。

② 〇〇回

① 1 分間に

回/分

まずは呼吸回数です。呼吸回数は 1 分間の回数です。単位の見方は①1 分間に②〇〇回ということです。これは世界共通です、他の国は①30 秒に②〇〇回というわけではありませんのでご安心ください。表示方法は f : frequency (回数) を示す場合があります。その他に換気回数など呼び方はいろいろあるかもしれませんが、いわゆる呼吸回数です。

4. 用語、部品&付属品名前と役割が説明できる

換気量

換気量の代表

1回換気量・・・1呼吸の量(吸気量・呼気量)

_____ ml

分時換気量・・・1分間の換気量

_____ L / 分

② OOL

① 1分間に

次に換気量です。換気量は少し複雑です。換気量には大きく分けて2種類あります。1回換気量と分時換気量(ぶんじかんきりょう)です。1回換気量は1呼吸の量です。「はい吸ってください」の時に肺に取り込まれるガスの量です。次に分時換気量です。分時換気量は1分間の平均の量です。先ほど呼吸回数は1分間の回数といいました。この呼吸回数に1回の換気量(1回換気量)を掛け合わせると分時換気量となります。

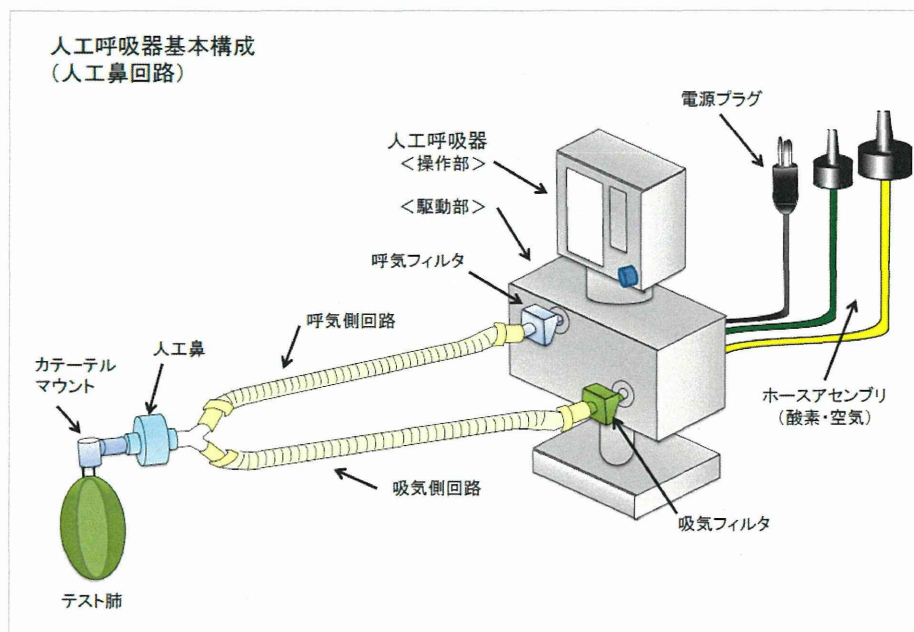
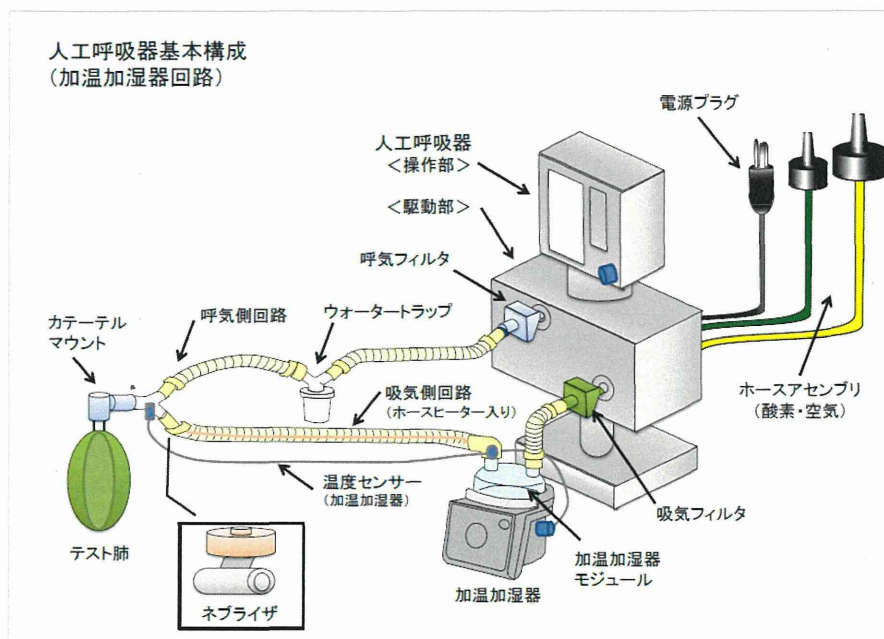
分時換気量 = 1回換気量 × 呼吸回数

これはアラームなどに関わってきます。たとえば分時換気量が低下した場合「分時換気量低下アラーム」が発生します。しかし、どのような場面を想像しますでしょうか？まずは1回換気量が低下した場合、呼吸回数が低下した場合、1回換気量も呼吸回数も低下した場合等、複数の原因を考えることができます。この関係性をしっかり把握しておくことが重要です。また、換気量は呼気の換気量を表示している場合と吸気の換気量を表示している場合があります。その表示には E とか I などが表示されています。

Eは呼気(expiration) Iは吸気(inspiration)です。

4. 用語、部品&付属品名前と役割が説明できる

4-2. 回路、物品編



次は回路や物品の話です。人工呼吸器の構成や回路は様々な形態があります。1つだけ覚えればOKというわけではありませんが、代表的な構成や名称、役割を知っておくことは重要です。特に人工呼吸器に関連する事故の多くは回路や消耗品にまつわる部分が多くあります。その特徴をしっかり把握しておきましょう。

4. 用語、部品&付属品名前と役割が説明できる

電源コード

電源プラグの種類は？



これらは本来**プラグ (plugs)** と呼びます。ちなみにコンセント (sockets) は受け側 (壁側) 方です。たまに看護師さんから「コンセントが抜けてしまって！！」と電話がありますが、壁から何かが抜けている状況が思い浮かべられます・・・何か恐ろしいことが起きているような気がしますね。

電源コードの種類は2種類あって、病院で使用する医療機器はおおむね3Pプラグです。これは電氣的(漏れ電流)に安全性を確保するために、このようなものが使われます。いわゆる洗濯機に緑のコードが付いているのを見たことがあると思いますが、あれは感電防止のために電気を逃がすアースといわれているものです。3Pプラグの3つ目の突起はあのアースです。

左側の2Pプラグで使われる医療機器(人工呼吸器も含む)があります。これは安全性を無視しているわけではなく、別な方法で電氣的安全性を保障している機構が付いているという事です。

特に在宅で使用されるプラグはご自宅が3Pプラグに対応していることは基本的にありえないので2Pプラグを使用します。

4. 用語、部品&付属品名前と役割が説明できる

AC?

交流（こうりゅう、alternating current, AC）とは、時間とともに周期的に大きさと向きが変化する電流のことである。



AC とはなんでしょう。これは交流という事なのですが、それを覚えてほしいわけではありません。AC というのは壁のコンセントから電源を取っているという事で、要は電源プラグをしっかりと充電している状態になっているという事です。この AC が光っている場合はしっかりと電源確保されています。逆に光っていない場合はバッテリーで稼働している可能性があります。バッテリー稼働時間も人工呼吸器の種類ごとに異なるので各メーカーに問い合わせてください。

～おまけ～

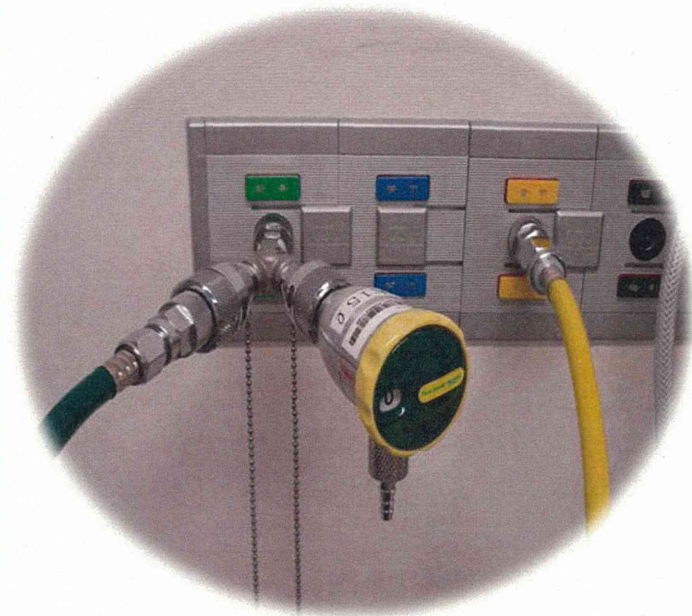
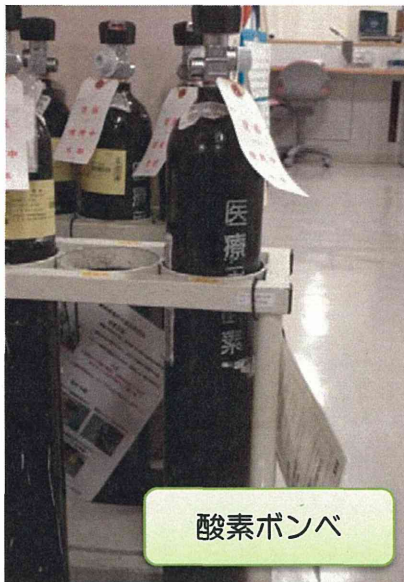
Q. 家庭内は何 V（ボルト）ですか？

A. 日本の一般家庭向け商用電源の電圧は 100V です。

4. 用語、部品&付属品名前と役割が説明できる

酸素・圧縮空気 配管

酸素は緑、空気は黄色、酸素ポンベの色は？



次は医療ガスの話です。まずは壁のアウトレット（配管）です。酸素は緑色、空気は黄色、では次にポンベの話混ぜます。酸素ポンベの色は何色でしょう？
そう黒ですね、配管の色とポンベの入りが違うので十分気を付けてください。