

14 Pressure support ventilation における呼吸筋仕事量の測定

公立昭和病院麻酔科¹⁾同救急医学科²⁾東京大学医学部手術部³⁾繁田正毅 松下美佐子¹⁾坂本哲也²⁾山田芳嗣³⁾

現在呼吸管理に広く用いられている Pressure support ventilation (PSV) では、ベンチレーターと患者自身の呼吸筋とのふたつが換気のジェネレーターとして存在している。しかしこの場合患者が実際にどれだけの仕事をしているのかは明かではなかった。そこで我々は自発呼吸下にベンチレーターを接続した際の新しい換気力学の理論を作り、それを利用して、実際に ICU 入室中の患者について呼吸筋仕事量を測定した。

【理論】新しいモデルは肺インピーダンス (R_L, E_L)、胸郭インピーダンス (R_W, E_W)、圧力源としてベンチレーターと呼吸筋のふたつを持つ。

まず、基本運動方程式は次のようにおける。

$Rrs (dV/dt) + Ers \Delta V = Pvent(t) + Pmus(t)$
ここで

$Rrs = R_L + R_W, Ers = E_L + E_W$

Rrs, Ers : 呼吸器系のレジスタンス、エラスタンス
 $dV/dt, \Delta V$: フロー、肺気量変化

$Pvent(t)$: ベンチレーター発生圧

$Pmus(t)$: 呼吸筋発生圧 である。

一方活動時の呼吸筋の特性式を次の様におくことができる。すなわち呼吸筋の圧出力が呼吸中枢の制御する活動レベルとフロー、肺容量などの作動条件とで次のように決定されるよう定式化した。

$Pmus(t) = Po(t) - Rmus' (dV/dt) - Emus' \Delta V$

$Po(t)$: 呼吸中枢の制御による呼吸筋の等尺性圧出力

$Rmus', Emus'$: 活動筋の速度—張力関係と長さ—張力関係を線形近似して得られる比例パラメーター

この2式より基本運動方程式は次のように書き換えることができる。

$$(Rrs + Rmus') (dV/dt) + (Ers + Emus') \Delta V = Pvent(t) + Po(t)$$

さてPSVのとき、

$Pvent(t) = Pset$ (一定) ($0 < t < TI$) であるか

ら、基本運動式より

$$Pmus(t) = -Pset + Rrs (dV/dt) + Ers \Delta V$$

となる。

したがって呼吸筋の仕事量 ($Wmus$) は、

$$\begin{aligned} Wmus &= \int_0^{TI} Pmus(t) (dV/dt) dt \\ &= \int_0^{TI} (-Pset + Rrs (dV/dt) + Ers \Delta V) (dV/dt) dt \end{aligned}$$

である。

【対象】肺—胸郭系に問題の無いICU入室中の患者

【方法】サーボ900Cを用いた PSV の状態で、気道内圧計、airway occlusion valve、ニューモタコメーターを接続した。記録したデータは、 V_T 、フロー、 Ers 、 Rrs であり、これから $Pset$ とあわせて $Wmus$ を算出した。また、 Po を同時に測定記録した。

【結果】一回換気量— $Wmus$ の平面上に、 Po レベル、PS レベルの両者の関係を含めてプロットした。

図に示すように、PS が増えれば Po が減少し、 $Wmus$ が減少する。また Po 一定の条件下でPSが増えれば、 V_T は増えるが $Wmus$ はほぼ一定である。よって PS の $Wmus$ の減少の原因は主に Po 低下によることがわかる。

【結論】人工呼吸中の換気力学の理論を作成し、PSV において呼吸仕事量の測定を行った。

