

## II-S-4 「患者—人工呼吸器」の相互作用からみたプロポーショナルアシスト換気（PAV）とプレッシャーサポート換気（PSV）

プロポーショナルアシスト換気、呼吸仕事量、プレッシャーサポート換気

名古屋大学医学部附属病院救急部・集中治療部

武澤 純

「定義」プロポーショナルアシスト換気（PAV）は予め強制換気下に患者のエラストランス（Ers）と抵抗（Rrs）を測定し、口元で測定した換気量と流量から呼吸筋の発生圧（Pmus）を計算し、Pmusをある割合で軽減できるように吸気の気道内圧を制御する部分的換気補助様式である。

「PAVの理論的背景」自発呼吸下では呼吸運動はすべて呼吸筋が発生する圧力（Pmus）によって行われる。このPmusは全呼吸システムのErsとRrsに打ち勝って吸気が行われる。

$$P_{mus} = E_{rs}V + R_{rs}V'$$

一方、筋弛緩をした状態で調節呼吸だけによって換気を行う場合には全呼吸システムのErsとRrsに打ち勝って吸気を行う際の圧源は気道に加えられた陽圧（Pvent）である。

$$P_{vent} = E_{rs}V + R_{rs}V'$$

従って、気道に加えられた陽圧と呼吸筋が共同して換気を行う場合は

$$P_{vent} + P_{mus} = E_{rs}V + R_{rs}V'$$

という関係式が成り立つ。原法では実測したVとV'にErsとRrsにそれぞれ1/2を掛けて算出したPventを気道に加える。

$$P_{vent} = E_{rs}/2 \cdot V + R_{rs}/2 \cdot V'$$

従って、Pmusは1/2だけ軽減されることになる。

「理論式上で予測される問題点」この換気様式で予想される問題点の第1はErsとRrsを概算していることである。第2はErsの測定である。auto-PEEPが存在するとErsを過大評価するため、Ers成分に関しては50%以上のPmusの軽減が行われてしまう。第3はトリガーの問題である。現実にはセンサーの感度やS/N比の問題で、ある程度のトリガー閾値が存在する。その間VやV'が測定されないため、Pventが算出できない。つまり、Pmusが過小評価されてしまう。結果として、50%という予定のPmusの軽減ができない。第4にauto-PEEPが存在する場合である。auto-PEEPによってErsが過大評価されるが、auto-PEEPの存在によって、トリガー遅れは更に大きくなり、Pmusが算出されず、結果として吸気補助が予定どおり行われない。第5には呼吸認識の問題である。従って、気道抵抗やコンプライアンスが極度に悪い重症呼吸不全患者においてPAVの気式がどの程度有効に作用するかどうかに関しては不明である。

今回、このPAVを様々なErsとRrsをもった数式モデル肺を用いてシミュレーションし、呼吸仕事軽減の観点からPSVとの比較及び理論上予想された問題点、特に2、3に関して検討を加えて報告した。

「方法」数式モデル肺は単一コンパートメントのモデル肺とし、ResとEresは可変とした。吸気、呼吸認識は流量感知方式を採用し、流量域値を3L/分に設定した。同一のPmusの作動状況下にならずPAVを行い、同一の換気量が得られるようにPSVのレベルを調整した。その条件下で呼吸仕事量の軽減度をPplの最低値と比較検討した。次にauto-PEEPが存在するためにErsを過大評価してPAVを行う影響を検討した。呼吸回数20回/分、Ers 15 cmH2O/L、Rrs 25 cmH2O/L/sec、I/E比 1:1の肺にCMVを行うと約4cmH2Oのauto-PEEPが生じる。その結果auto-PEEPによるErsの過大評価が行われる。その結果として一回換気量、呼吸仕事軽減にどのような影響が出るのかを検討した。最後に、auto-PEEPのために吸気トリガーが遅れ、そのトリガー遅れのためにその間Pmusは算出されない現象が起こるが、それがどの程度PAVに影響を与えるかを検討した。Ers、Rrs、I/E比は同一とし、更に高いauto-PEEPを発生させるため、呼吸回数を30回/分とし、呼吸仕事軽減の程度、一回換気量の変化を検討した。

「結果」ErsとRrsを変化させて、同一換気量下でのPAVとPSVの各種パラメーターの変動結果はResの高い肺においてPplの最低値がPSVにおいて陰性変動が少ないためPSVの方が吸気仕事軽減の観点からは優れていた。次にauto-PEEPのためにErsを過大評価するための影響を検討した。Ersを過大評価してもVTやPplに対する影響は大きくない事が示唆された。一方、同じPmusでモデル肺を換気していてもauto-PEEPによるトリガー遅れはPmusを過小評価するためPventが不十分にしか計算されない。結果としてVTが低下しPplはより陰圧に傾いた。

「結論」PAVはPmusをリアルタイムに計測し、それに併せて気道内圧をかけて呼吸仕事に軽減を計るといふ論理的優位性をもつが、トリガー遅れ、特にauto-PEEPが存在する際はPventが不十分にしか計算されない。臨床使用においてはこの不十分性はさらに増幅される事が予想されるため、その臨床使用に関しては厳重な注意が必要である。