

パネルディスカッション1

パ1-(1) 「機械呼吸中の呼吸機能モニタリングとその有用性」

機械呼吸中の呼吸筋活動と食道内圧・呼吸筋圧について

東京大学医学部付属病院手術部

山田芳嗣

患者の呼吸運動を保持したままで換気補助を行う現在の機械呼吸では、機械呼吸下の呼吸筋活動の把握が重要である。(1) 呼吸筋と呼吸器の吸・呼気の同調性（シンクロニー）機械呼吸中の呼吸筋活動を把握するためには、食道内圧をモニターするのが標準的である。吸気時の食道内圧は、患者の呼吸筋活動がある場合は、呼吸筋が陰圧によって肺を拡張させるための圧であり、換気補助が高度になり呼吸筋が弛緩した場合は、胸壁をおしひろげるための圧である。したがって、機械呼吸下の呼吸筋活動時においては食道内圧が意味するものは複雑にあり、状況により、呼吸筋が肺を広げるための圧であったり、呼吸器が胸壁を広げるための圧であったりする。我々が提唱した機械呼吸下の呼吸筋圧（ P_{mus} ）を算出する手法は、もっと直接的に呼吸筋の発生する圧を評価しようという試みである。

(2) 患者仕事量 食道内圧は呼吸器に接続された肺を引っ張るための圧であるから、食道内圧から算出した仕事量は、呼吸筋が呼吸器と肺に対して行った仕事量が求められる。したがって、これには、胸郭に対して行った仕事量が含まれていない。一方、 P_{mus} から算出した仕事量は、胸郭に対して行った仕事も含む呼吸筋の全仕事量が求められる。

人工呼吸管理中の呼吸筋活動把握の重要性から、最近の換気力学モニター（CP-100 pulmonary monitor (Bicore)、OMR8101（日本光電））は、バルーンにより食道内圧をモニターする機能を持っているが、その問題点を検討する。

モニターとしての食道内圧測定上の問題点

(1) バルーンの形状・材質とバルーン内空気量
バルーン内空気量を増加させていくと、食道を拡張してバルーン内圧が上昇し、正確な食道内圧（ P_{es} ）が測定できない。逆に、空気量を0近くにすると、バルーンの復元力により陰圧が生じる。したがって、Milic-Emiliによれば、バルーン内空気量を変えて圧を測定し、空気量0に外挿した値を P_{es} とするか、バルーンの復元力がかからないような最小の空気量を食道内で求めて、バルーンを使用する必要がある。Lemenらの研究によって、バルーンの胸腔内の挙動が水中で再現できることが示されたから、水中で最小空気量を決定すると最適空気量が求められる。CP-100とOMRの特性を検討して（図1）、最適空気量は両者とも0.3 mlの値を得た。CP-100はバルーンへの送気が自動化されているが、空気量0.8 mlで作動しているため、約1.2

cmH_2O 真の値よりも陽圧にシフトしている。また、仰臥位では食道に縦隔の重量がかかり、 P_{es} は真の胸腔内圧より数 cmH_2O 陽圧にシフトすることが、佐々木らにより報告されている。モニターの食道内圧は絶対値としては使えない。

(2) 食道内圧の変動値（ ΔP_{es} ）

雑種成犬を用いて、 ΔP_{es} が正しく胸腔内圧の変動を表すかどうかを occlusion test によって調べ、バルーンの先端の位置と体位の影響を検討した。2種のバルーンとも、daynamicな特性はほぼ同等で良好であった。バルーンがやや浅くなると、 ΔP_{es} の変動の形は変化しなかったが、量的に過小評価した。仰臥位では、患者によって、また位置の微妙な違いによって食道内圧の変動が変化するため、仕事量を求めるためには、深さのチェックだけではなく occlusion test をかかすこととはできないと考えられた。

モニターとしての呼吸仕事量算出の問題点

6例のICU呼吸管理患者を対象としてPSVのレベルを0から15 cmH_2O まで変化させ、CP-100の算出する患者の呼吸仕事量（ $W_{OBp} ; x$ ）とOMR研究機の算出する W_{mus} （y）の比較を行った。N=146の測定点で、 $y = -1.6 + 0.62 x$ の直線相関を得た ($R^2 = 0.65$)。CP-100の算出する患者の呼吸仕事量（ W_{OBp} ）は、(1) 機械的換気補助の影響で患者が仕事をしていないという判断の仕方、(2) 胸郭のコンプライアンスを200 $\text{ml/cmH}_2\text{O}$ と仮定している、などのソフト上の問題から、実際の患者仕事量を過小評価する場合がある。その一例として（図2）PSV 5 cmH_2O において、CP-100の W_{OBp} が0.14 J/Lであるのに対し、CMV時に求められる患者胸壁コンプライアンス（100 $\text{ml/cmH}_2\text{O}$ ）を用いて pressure-volume loop から直接計算した値は0.4 J/Lと異なる。

