

2

人工呼吸中の呼吸モニターの基礎 -モニターの画面情報を活用するために-

東京大学医科学研究所病院手術部
山田芳嗣

機械的人工呼吸は重症患者管理における基本的手段であるが、けっして安全・無害なものではない。したがって、個々の患者において人工呼吸の所定の目的が達成され、また有害作用が発生しないように、常時連続的に適切な呼吸モニターを行い監視する必要がある。

人工呼吸を考える際に重要な概念として、Pmus（呼吸筋が肺・胸郭に対してつくる圧）はここ10年間で教科書に掲載されるまでに定着した。Pmusは、胸腔内圧に呼吸筋が胸郭を膨らませるのに使った圧（胸郭に対して使った分）を足したものに一致する。よって、Pmusは患者の呼吸努力の指標としての胸腔内圧を正しく補正したものと捉えられる。このPmusを用いると、人工呼吸の換気運動の基本式は次のように簡潔に書ける。

$$Paw + Pmus = R\dot{V} + EV + PEEPi$$

つまり、換気のために働く圧は、呼吸器からの気道内圧(Paw)と患者の呼吸筋圧(Pmus)の和であり、これらの圧が抵抗(R)に抗してフロー(\dot{V})を流すための圧($R\dot{V}$)、弾性(E)に抗してVだけ膨らませるための圧(EV)、オートPEEPを相殺するための圧(PEEPi)として使われる。CO2排出や酸化などガス交換は換気運動の結果として起こるが、肺や循環の状態にも左右される。これらの関係を基盤にすると、呼吸モニターの基本的枠組みは次のように考えられる。

基本的な連続モニター項目は、

1. 圧：Paw, Pmus(またはPes), PEEPi
2. 換気量とパタン： \dot{V} , V, RR
3. 呼吸努力：PTP = $\int Pmus dt$, Wmus = $\int Pmus dV$
4. 同調性：Pmus(またはPes)波形があれば、Paw波形と時相を比較することで評価できる。なければ、Pawと \dot{V} の波形から推測しなければならない。
5. ガス交換：SpO2, PETCO2, $\dot{V}CO_2$

間欠的に評価する項目として、

1. メカニクス：R, E
P-Vカーブ ⇨ リクルートメント、過膨張の評価
2. 換気・血流の病態
シャント、死腔率

この講演は呼吸モニターの各種パラメータをこのような基本的枠組みで整理して、その基礎的事項を解説する。呼吸モニターの画面情報は、次の表のように分類整理できる。

-モニター画面情報(グラフィックス)-

Paw, Flow, Fco2	Pes
<ul style="list-style-type: none"> ・ 1次元 Paw時間波形 Flow時間波形 	Pes時間波形 ⇒PTP
<ul style="list-style-type: none"> ・ 2次元 Flow-Volume曲線 Pressure-Volume曲線 CO2呼出曲線 	Pes-Volume曲線 ⇒WOBP

大事なことは、これらの画面情報が、調節換気では肺胸郭系のメカニクスを表すのに対して、PSVやSIMVなどの部分的換気補助では肺胸郭系のメカニクスと患者の呼吸努力を反映することである。言い換えれば、部分的換気補助では、患者の呼吸努力の分だけ調節換気の波形からずれるので活用が困難である。呼吸モニターで患者の呼吸努力をメカニクスの影響から区別して評価するためには、大抵の場合Pesを測定しなければならない。したがって、最初から部分的換気補助における呼吸モニターの画面情報を無理に読もうとするのではなく、調節換気における基本的パターンをしっかり理解することが重要である。この講演では、調節換気における基本的波形を例示し、次の事項について具体的に解説する。

- 1) VCVにおける吸気と呼気Rとコンプライアンスの求め方。
- 2) PCVにおける吸気と呼気Rとコンプライアンスの求め方。
- 3) 人工呼吸中における静的P-Vカーブの求め方。
- 4) 肺からの $\dot{V}CO_2$ とPETCO2の活用の仕方。

人工呼吸中の患者のベッドサイドにおける呼吸モニターは、圧、フロー、CO2センサーの進歩と信頼性の向上により実用性が高まっている。今後、呼吸モニターによって、患者の口元から非侵襲的にとれる情報を連続的に監視することにより、患者の病態の把握・適切な対応処置に役立つことが期待される。