

G-07 調節換気中の吸気呼吸抵抗値の周波数特性

自治医科大学・集中治療部

大竹一栄、村田克介、窪田達也、和田政彦、松山尚弘、布宮 伸
百瀬和子

調節換気中の吸気呼吸抵抗 (Rrs) の算出値が肺胸郭コンプライアンスや吸気終末ポーズ時間の影響を受けることを、これまでにこの学会で報告してきた。

一方、抵抗とコンプライアンスとの単一直列モデルを想定して算出されるRrsは換気回数から独立した定数—即ち、純然たる粘性抵抗—ではなく、これ自体に周波数特性が認められる。

【目的】臨床の場に即した方法でRrsの周波数特性を検討して、気道の形態に合致した真の粘性抵抗を得る方法のヒントを追究した。

【方法】モデル肺 (五十嵐医科：T3) の主気管支相当部位の狭窄度をそれぞれ左右独立に3段階に変化させ、換気回数を増減した時のRrsをOMR-7101 (日本光電) で計測した (換気回数：7~50回/分、1回換気量は500mlに固定)。得られた計測値を、横軸に換気回数をとってグラフ化し、気道粘性抵抗値算出のアルゴリズムを検討した。

【結果】左右の気管支部に狭窄のない場合には、Rrsは換気回数が多くなるにつれて漸減し、やがて或る値に収束した。このパターンが臨床の場で高頻度に観られる典型的なものであるが、狭窄が中等度になると漸減後収束せず、再び漸増するようになった。狭窄を更に高度にすると漸減部が消えて単調増加するのみとなった。

【考察】Rrs自体に慣性要素と弾性要素とが内在している、と理解すれば上記3種のパターンを統一的に説明することが可能である。つまり、換気回数の少ない部分での特性は弾性要素の影響が大きく、換気回数が増すにつれて今度は慣性要素の影響が大きくなり、3種の特性パターンは、この弾性要素と慣性要素との相対的な影響度で決定される、と解釈できる。そこで、今回は換気回数の影響を受けない解剖学的な粘性抵抗を得るためにRrsから、①最小二乗法により、インピーダンス法での粘性抵抗Rzを、また、②これも最小二乗法によるが、換気回数の多い部分の計測値から換気回数ゼロへ外挿して気道抵抗Rawを求め、両者の差異と慣性要素の比率との相

関を検討した。

①インピーダンス法：

$$Rrs^2 = Rz^2 + (L \cdot f - E/f)^2$$

ここで、Rrs=OMR-7101で得られた吸気抵抗Rz=粘性抵抗 (粘性要素)、L=吸気抵抗の慣性要素E=吸気抵抗の弾性要素、f=換気回数である。

この式に既知のRrsとfとを代入し、重回帰式としてRz、LおよびEを求めた。また、慣性要素/弾性要素比はL/Eで得た。

②外挿法：OMR-7101で得られたRrsの過換気部計測値を、換気回数ゼロへ外挿して、粘性抵抗Kを得る。

Rohrerの式から、気道抵抗Rawは、

$$Raw = k_1 + m \cdot f$$

と書ける。ここで、 k_1 = 気道粘性抵抗である。

他方、組織抵抗Rtiは、

$$Rti = k_2 + n/f$$

とされており、 k_2 = 組織粘性抵抗である。

従って、

$$\begin{aligned} Rrs &= Raw + Rti \\ &= (k_1 + k_2) + m \cdot f + n/f \\ &= K + m \cdot f + n/f \end{aligned}$$

過換気部では、

$$Rrs \approx K + m \cdot f \quad (K = k_1 + k_2)$$

となるので、 $f \rightarrow 0$ と外挿すると、 $Rrs \approx K$

となる。Kは気道および組織の粘性抵抗の和である。

③上記の2つの方法によると、RzとKとは換気回数の影響を受けずに得られるので、その差異を検討した。

結果として、慣性要素/弾性要素比が上昇するにつれて、インピーダンス法で求めた吸気粘性抵抗Rzと外挿法で求めた粘性抵抗Kとの差 ΔR が大きくなったので、外挿法に比べると、インピーダンス法ではまだまだ慣性要素の影響を受けていることが示唆された。

【結語】調節換気時の吸気相に於ける (形態に即した) 粘性抵抗の計算方法としては外挿法が良いと考える。