

A-40 呼吸器系のインピーダンス分布の推定法

東海大学医学部麻酔科学教室

メディランド*

福山 東雄、杵淵 嘉夫、鈴木 利保

滝口 守、山崎 陽之介、蜂巣 登男*

呼吸器系のインピーダンスを測定する方法はいろいろあるが、我々はコンスタントフロー+吸気プラトーの調節呼吸を行ったときに得られる、気道内圧波形から末梢のインピーダンス分布を測定する方法を考案したので報告する。

【理論】呼吸器のモデルを次のように定義する。上部気道は固い導管とみなし、粘性抵抗を R_1 で示す。末梢気道部（第12分岐～）は気管支がある程度の拡張性を持つので、コンプライアンスを C_1 で、粘性抵抗を R_2 で示す。肺胞系は1つのコンプライアンス C_2 で表す。胸郭のインピーダンス R_w 、 C_w を考慮すると図1の等価回路で表せる。

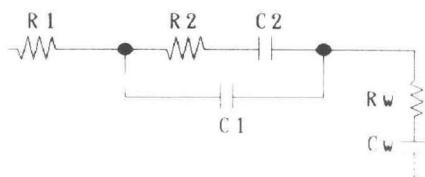


図1

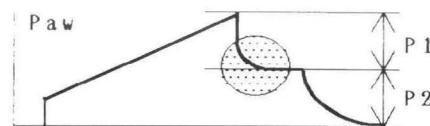


図2

コンスタントフロー+吸気プラトーの調節呼吸を行うと、吸気終了からプラトーに移行するとき気道内圧波形（図2）は急速にストンと落ちて、それから緩やかに下降してプラトーとなる。この部分に注目すると、急速にストンと落ちる部分は上部気道抵抗 R_1 を、プラトーは吸気によって生じたコンプライアンス C_1 、 C_2 によるもので、緩やかな部分は R_2 、 C_1 、 C_2 の間でおこる気流の再分布によるものと考えられる。この考えに基いてアルゴリズムを構築した。等価回路を回路シミュレーター、マイクロキヤップを用いて、既知の値でシミュレートしアルゴリズムを用いて解析すると、シミュレーターの精度の範囲内で一致し、アルゴリズムは実証された。

【実験、結果】テストラングを用いてその一側を末梢気道 C_1 、他側を肺胞系 C_2 とし抵抗管 R_1 、 R_2 により接続し、コンスタントフロー+吸気プラトーの調節呼吸を行い、その内圧波形から抵抗、コンプライアンスの算出を試みた。得られた内圧波形は、コンスタントフローからプラトーに移行する際の気流の停止によるイナタンスによると思われる振動が生じ、緩やかに下降する部分の時定数の算出の精度を著しく低下させた。そこで口側に約 $10\text{cmH}_2\text{O}/\text{L/sec}$ の抵抗を接続することにより、算出の精度は増加し、満足のいく結果となった。

次に7頭のビーグル犬を用いて実験をおこなった。ペントバルビタール投与後気管内挿管し、胸腔内圧測定のために圧先端型スワンガンツカテーテルを胸腔内に挿入した。側臥位とし、パンクロニウムを投与し、ニューポート200Eを用いてコンスタントフロー+50%の吸気プラトーの調節呼吸を行い、気道内圧と胸腔内圧を測定した。さらにメサコリン 0.1mg/kg を投与したときの変化も調べた。この実験でもテストラングと同様にイナタンスによると思われる振動が乗り、口側に約 $10\text{cmH}_2\text{O}/\text{L/sec}$ の抵抗を接続した。気道内圧曲線から上部気道抵抗 $3.3\text{cmH}_2\text{O}/\text{L/sec}$ 、末梢気道抵抗 $7.9\text{cmH}_2\text{O}/\text{L/sec}$ 、コンプライアンス $0.008\text{L/cmH}_2\text{O}$ 、肺胞コンプライアンス $0.012\text{L/cmH}_2\text{O}$ で、メサコリン投与後の上部気道抵抗 $9.7\text{cmH}_2\text{O}/\text{L/sec}$ 、末梢気道抵抗 $32.6\text{cmH}_2\text{O}/\text{L/sec}$ 、コンプライアンス $0.004\text{L/cmH}_2\text{O}$ 、肺胞のコンプライアンス $0.007\text{L/cmH}_2\text{O}$ と変化した。

【考察】本法の精度は、緩やかな曲線部分の時定数の算出の精度が大きな要因となる。テストラング、動物実験とともにイナタンスの存在が時定数の算出の精度を低下させていたが、口側に抵抗を接続することと、コンピュータープログラムによる解析法を検討した結果、ほぼ満足できるもとなつた。

呼吸器系のインピーダンスを測定する方法はいろいろあるが、本法はコンスタントフロー+吸気プラトーの調節呼吸ができる人工呼吸器があれば測定が可能であるという簡便さ、また気管内挿管してある患者のインピーダンス分布を知ることができるという利点もあり非常に有用と考える。