

37 窒素洗いだし法によるFRCの測定（— コンパートメント解析の応用 —）

愛知医科大学 麻酔・救急医学教室、救命救急センター*

堀場 清、山本康裕、明石 学、野口 宏*、佐美好昭

近年重症呼吸不全患者の治療法としての人工呼吸は、CPAP, PEEP, PSなどいろいろなモードを駆使しておこなわれる。その場合のモニターとして気道内圧、流速、コンプライアンス等の換気力学的モニター、呼気終末CO₂や呼吸死腔量などのガス交換能等のモニターが用いられる。PEEP, CPAPによる酸素化能の改善は、換気効率の改善、機能的残気量(FRC)の増加にあるといわれている。しかし人工呼吸下のFRC測定は未だ一般的ではない。そこで今回我々は窒素洗出し法による窒素排出曲線を分析し、コンパートメントと解析することによりFRCを測定する方法を考案した。

＜方法＞人工換気中のモデル肺、あるいは患者の口元で、酸素で十分にパージされたサーボベンチレーターに切り換えることにより窒素排出曲線を得た。流速、及び換気量は日本光電社OMR-7101で、窒素濃度はchest社nitrogen meterにより測定した。同時に、その出力をA/D変換しPC386LSRに取り込み換気量は、流速を積分することにより、また窒素量は換気量と窒素濃度を掛け合わせることでbreath by breathで算出した。算出された窒素クリアランス曲線を使用し、最初の18呼吸を解析の対象として、排出された窒素総量（7分間）と比較した。なお今回は流速と、窒素濃度の位相合わせはマニュアルで行った。6個のparallelなcompartmentからなる肺モデルを考え、各compartmentのFRC levelでの気量をVi(i=1, 2, ..., 6)とし、肺泡換気量VAが各compartmentに均等に分配されたとする。各compartmentの希釈率をWiとすると $FRC = \sum W_i VA / (1 - W_i)$ 、(i=1, 2, ..., 6)で求められる。

＜結果＞窒素洗いだし法を(x)、シュミレーション法を(y)とすると、両者間には一次回帰式

$y = 1.033x - 43.9$ が得られ、 $r = .98$ と高度の相関が得られた。また希釈率より各compartmentの換気分布が得られた。

＜考察＞人工呼吸下のFRCの測定には、不活性ガスの希釈法、不活性ガス洗いだし法がある。後者の方法は、各呼吸毎に酸素濃度が変化すること、肺内ガス分布が異常であると完全に呼出されないこと等の欠点を有するが、その減衰率から不換気の均等性等の情報が得られる利点がある。最近Paul等によりアルゴン(Ar)によるFRC測定法が報告されたが、これにより肺内ガス分布が是正されるわけではない。Arは窒素に比べReynolds' numberが大きくかえって低肺気量への影響が示唆される。

本方法は、ガス希釈法一般についての欠点を有するが、コンパートメントを増加させることによりFRC測定と同時に肺内ガス分布についての情報も得られること、窒素代謝の影響が少ないこと、短時間で測定が可能であることなどの利点を有する。

＜結 語＞1) コンパートメント解析によりFRCを測定し、窒素洗出し法と比較した。2) モデル肺との比較で、 $r = 0.98$ と高い相関がみとめられた。3) 本方法は人工呼吸下でのFRC測定に応用でき、人工呼吸管理の指標として有用と思われる。

＜補足＞数学的モデル

$$F_{AK} = F_{A0} + W_i$$

$$W = \frac{V_0}{V_0 + V_A}$$

$$F_{IAK} = F_{A0} + W_i$$

$$F_{AK} = \sum_{i=1}^{n-1} F_{A0} + W_i / 6 \quad i = 1 \dots 6$$

$$FRC = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{W_i \cdot V_A}{1 - W_i}$$

F_{AK} : Concentration of nitrogen in the alveoli after k-th inspiration

F_{A0} : Initial alveolar nitrogen fraction

V₀ : Initial volume of one lung compartment at FRC level

W : Alveolar dilution ratio

F_{IAK} : Fraction of the nitrogen in i-th compartment

FRC : Functional residual capacity