

2 肺血流測定ユニットの開発 —呼吸気分析法による呼吸循環多元測定—

山口東京理科大学基礎工学部電子基礎工学科

西 功

[はじめに] 組織への O_2 の供給、組織からの CO_2 の排泄は以下の諸素過程の相助的働きによって機能する。肺換気、肺・肺血流間ガス交換、心血管系によるガス輸送、組織レベルガス交換、及びミトコンドリアにおける代謝過程である。生理過程の構造的把握、正確な病態評価は術中及び ICU の的確な管理において重要である。このような構造的測定を可能とする方法として呼気分析法がある。

[測定法] 西らの開発した方法は、いわゆる C_2H_2 Rebreathing 法と通常の Breath by Breath 換気 \dot{V}_E 、ガス交換 \dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_{CO_2} 測定の組み合わせである。

C_2H_2 Rebreathing: 微量の C_2H_2 、 $C^{18}O$ と Ar、 O_2 、 N_2 の混合ガスを一定量バッグにとり、肺胞・バッグからなる閉鎖系でおよそ 30 秒間呼吸させる。この時、それぞれの成分ガスはその物理的、生理的特性によって対応する生理的過程を反映する。すなわち C_2H_2 濃度の変化から有効肺血流量 \dot{Q}_c 及び肺水分量 Q_t を、 $C^{18}O$ から DLCO を、Ar から FRC を、 O_2 から酸素摂取率 \dot{V}_{CO_2} をうる。

更に上記一次因子より下記二次因子を見積る。

$\dot{V}_{O_2} / \dot{Q}_c = Cc'O_2 - C\bar{v}O_2$ (動脈血化された肺血流と混合静脈血間の酸素含量較差)

$\dot{V}_{O_2} / 1.2DLCO = AaDO_2$ (肺・静脈間平均酸素分圧較差)

又、動脈血特性 Hb 密度 $\rightarrow Cc'O_2$ 、

$PaO_2 \rightarrow SaO_2 \rightarrow CaO_2$ 、と併せて

$C\bar{v}O_2 = Cc'O_2 - \dot{V}_{O_2} / \dot{Q}_c$

又、心拍出量 CO 及びシャント率 \dot{Q}_s / CO は

$CO = \dot{V}_{O_2} / (CaO_2 - C\bar{v}O_2)$

$\dot{Q}_s / CO = (CO - \dot{Q}_c) / CO$

以上この方法では換気・拡散・肺血流・機能的残気量 FRC・ガス交換 (\dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_{CO_2}) を同時測定し、更に換気血流分布の様態、心血管系のガス輸送動態を知り、肺ガス交換機能を、これらの因子の関り合いとして解析・把握・評価する。又、ここで測定する

混合静脈血酸素含量 $C\bar{v}O_2$ 及び $S\bar{v}O_2$ は、呼吸・循環・代謝を総合した体力の予備力を表わす生理的指標と考えられる。Vital Sign としては CaO_2 、 SaO_2 以上に重要な意味を持つと思われる。

[応用測定] 西らは通常呼吸下で、Breath by Breath 法と組合せ、運動生理、環境生理、呼吸循環臨床診断への応用を実現している。又、Bag in Box 方式でテストガスバッグを人工呼吸器と連結駆動することによって人工呼吸下での測定を可能とした。以下 2～3 の測定例について紹介する。

- 1、運動生理：エルゴメーター漸増負荷時の AT、 \dot{V}_{O_2} max 付近で \dot{V}_E 、FRC、DLCO、 \dot{Q}_c 、 $C\bar{v}O_2$ 、CO、 \dot{Q}_s は如何に振る舞うか。又、制限因子はどれか。
- 2、環境生理：高・低圧下での呼吸循環応答、作業能の評価。上記呼吸・循環因子の個別的測定、相関解析。
- 3、病態モデル解析：人工呼吸下麻酔犬による、オレフィン酸肺水腫、肺動脈塞栓、気管支閉塞モデル等々による基礎実験。

- 4、臨床測定：1) 肺気腫、肺線維症など閉塞性肺疾患の呼吸・循環動態の解析・診断、2) 術中、術後管理への応用試行。

上記測定因子による病態解析・診断、 $C\bar{v}O_2$ を含む諸因子のモニタリングによる病態把握等々、現在様々な側面からの測定を試行している。

[考察] 測定法の特徴としては、比較的侵襲の軽い呼気分析法によって有効肺血流量 \dot{Q}_c の測定を可能にする事にとどまらず、関連する生理因子の同時測定によって、呼吸・循環・代謝過程のガス輸送動態をより構造的に、より正確に把握可能な事にある。

本法が非侵襲的であるとはいえ、術中術後の人工呼吸下の患者にとってガス回路の装着・適用はそれなりの侵襲と煩わしさを伴うものである。臨床現場での本法の発展はこれらの問題について創意・工夫と、診断・監視システムの中で本法の特質を十分に生かした運用を如何に実現するかにある。