

原 著

術前肺機能検査における impulse oscillation 法の評価

—従来の検査法との相関性—

昭和大学医学部麻酔科学講座

岡 田 保

要約：術前肺機能検査は手術予定患者の評価において有用だが，測定時には被検者による最大呼出努力が必要であり，最大呼出が行われないと，誤った評価を受ける可能性がある．一方，インパルスオシレーションシステム（IOS）は安静呼吸時に施行できるため術前肺機能検査に向いているが，従来の検査値との相関性は明らかでない．この点を明らかにするため，20歳より89歳までの術前患者620症例において，IOSにより得たR5, R20, R5-R20, X5, Z5などと従来の肺機能検査値（肺活量，1秒量， V_{25} ，クロージングボリューム）との相関性をピアソンの積率相関係数により解析し，得られた R^2 値により比較した．IOSの5パラメータとスパイロメトリーの4パラメータ，フローボリューム曲線の5パラメータ，さらに単一呼吸 N_2 洗い出し法の4パラメータの合計13パラメータとの間（65組み合わせ）で得た1次式において，45組と比較的多くの組み合わせで推計学的に有意な相関関係が認められた．この結果から推測すると，IOSと従来の肺機能検査との相関性は強いと思われるが，相関性を示唆する R^2 値は最高でも0.267であり，高いとは言いがたい．しかも， R^2 値が0.2以上を示した組み合わせはわずかに3組だけであり， $0.15 \leq R^2 < 0.20$ が10組，さらに $0.10 \leq R^2 < 0.15$ が10組であった．結局，有意差が見られた45組において R^2 値が0.1に届かない組み合わせは22組と，ほぼ半数を占めていた．IOSの5パラメータで比べると， R^2 値が0.10以上であった組み合わせ数は，Z5で最高の7組認めたが，R20では一つもなく，残りのR5, R5-R20, X5では何れも5組あった．IOSの各パラメータと従来の検査法のパラメータの間には相関性が見られるものの，IOSにより検査を代用する程の高い相関性はなかった．

キーワード：インパルスオシレーション法，術前肺機能検査，スパイロメトリー，フローボリューム曲線，単一呼吸 N_2 洗い出し法

麻酔と手術の両者は，術中・術後に横隔膜の機能障害や換気血流不均等性の拡大など多彩な機序により呼吸器系に対し抑制的に作用する．したがって，術前に肺機能検査を施行し，患者がそれらの侵襲に耐えられるか否かを検討している．とくに，手術侵襲の大きい上腹部や胸部手術例，肺機能が低下している肥満者および老人，さらに肺疾患合併例などには術前肺機能検査の施行は不可欠である¹⁾．この術前肺機能検査では換気力学的な検査が主で，スパイロメトリーにより肺機能を評価していた．しかし，末梢気道の病態により術後肺合併症の発生状況が予測できると報告²⁾され，最近では末梢気道の病態を検索するフローボリューム曲線や単一呼吸 N_2 洗い出し法なども行っている．しかし，これらの検査では

いずれも被検者の最大呼出努力が不可欠であり，最大呼出がなされないと，誤った評価となる可能性がある．

一方，インパルスオシレーション法（impulse oscillation system : IOS）の測定は，安静呼吸時に数分間行うだけで終了するため，術前検査に適していると思われる³⁾．しかし，臨床応用が開始されてから日が浅く，測定値の評価にも一定の基準がない．今回著者は術前患者を対象にIOSを施行し，各測定値と一般的な肺機能検査であるスパイロメトリー，フローボリューム曲線および単一呼吸 N_2 洗い出し法などの各パラメータとの相関性を検討したので報告する．

研究方法

本研究の実施は昭和大学医学部の倫理委員会において承認され、研究内容の詳細について十分に説明し、承諾を得られた患者を対象とした。2004年1月から2009年10月の間に、当科において術前呼吸機能検査を施行した20歳より89歳までの620症例において検討した。手術予定日の数日前に呼吸抵抗測定装置（マスタースクリーン インパルスオシレーションシステム[®]、Jager社、ドイツ）を用いてIOSを行い、次いで、総合呼吸機能自動解析システム（FUDAC-70[®]、フクダ電子、日本）によりスパイロメトリー、フローボリューム曲線、単一呼吸N₂洗い出し法などを測定した。スパイログラム施行時の努力呼吸による気道トーンスへの影響⁴⁾を回避するため、全症例においてIOSによる検査を最初に行った。

ISOではスピーカーから出力されるインパルス状の音響信号（周波数5～35 Hz）を被検者の気道内に負荷し、その際に生じる圧（P）と流速（ \dot{V} ）をセンサーで検出する。次いで、それらを高速フーリエ変換により周波数毎の粘性抵抗（R）とリアクタンス（X）を算出し、周波数が5 Hzでのリアクタンス（X）と粘性抵抗（R）から全呼吸インピーダンス（Z）を算出した。

IOSの計測において、5 Hzのインパルス負荷時に得られたR、X、ZなどをそれぞれR₅、X₅、Z₅と称し、20 Hz負荷時のRをR₂₀とした。なお、R₅-R₂₀はR₅からR₂₀を引いて求めた。IOSの5パラメータとスパイロメトリーから得たVC（肺活量）、EFV_{1.0}（1秒量）、%VC（%肺活量）、EFV_{1.0}%（一秒率）、フローボリューム曲線から得たPEFR（peak expiratory flow rate）、MMEF（max. mid expiratory flow）、 \dot{V}_{25} （25%のVCにおけるflow rate）、 \dot{V}_{25}/Ht 、 $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ 、さらに単一呼吸N₂洗い出し法から得たCV（クロージングボリューム）、CV/VC、FRC-CC（機能的残気量-クロージング

キャパシティ）、 ΔN_2 など13パラメータとの相関性をピアソンの積率相関係数を用いて比較検討した。今回は、相関性を推計学的解析において得たR²値により比較した。なお推計学的検討ではP<0.05をもって有意差有り、と判定した。

結 果

1. 対象の背景

対象620症例の男女比は355対265であり、男性のほうが多かった。平均年齢は57.4 ± 16.7歳であった（表1）。

2. 有意差を認めた組み合わせ

IOSの5パラメータ（R₅、R₂₀、R₅-R₂₀、X₅、Z₅）とスパイロメトリーの4パラメータ、フローボリューム曲線の5パラメータ、さらに単一呼吸N₂洗い出し法の4パラメータの合計13パラメータとの間（65組み合わせ）で得た1次式において、推計学的に有意差を認めたのは45組であった。内訳を見ると、IOSとスパイロメトリーの4パラメータとの組み合わせでは、16組で有意な一次式を得た（表2）。VCとEFV_{1.0}の両者ではIOSの全てのパラメータとの間に有意な関係を認めたが、%VCとの解析では有意な関係は2つだけ、EFV_{1.0}%でも3組であった。

フローボリューム曲線の5パラメータとIOSのパラメータとの間の25解析では、合計すると21組で有意差があり、PEFRとMMEFの両者ではIOSの全ての組み合わせで有意差が認められた（表3）。一方、単一呼吸N₂洗い出し法の4パラメータとIOSとの20解析では8組と、最も少ない組み合わせでしか有意差は見られなかった（表4）。

3. R² 値

1) 従来の肺機能検査との解析

推計学的に有意差が認められた一次式の中でR²値が最も高かったのはX₅とEFV_{1.0}との間で見られ、0.267であった（図1）。二番目に高いR²値もX₅とVCとの組み合わせであり、0.226であった。

表1 Characteristics of 620 Patients Studied

Male/Female	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
355 / 265	57.4 ± 18.7	160.5 ± 9.8	57.4 ± 12.1

mean ± SD

表 2 The regression lines for each relationship between spirometry and IOS

y \ x	R5	R20	R5-R20	X5	Z5
VC	-2.65x + 4.15*	-2.78x + 3.97*	-4.05x + 3.53*	5.73x + 4.00*	-2.66x + 4.23*
%VC	-23.3x + 112	-16.6x + 109	-45.3x + 108	83.6x + 116*	-30.4x + 116*
FEV _{1.0}	-2.61x + 3.3*	-2.52x + 3.14*	-4.24x + 2.78*	5.24x + 3.16*	-2.54x + 3.42*
FEV _{1.0%}	-16.6x + 83.4*	-10.9x + 80.5*	-33.0x + 80.2*	20.1x + 80.3	-14.4x + 83.1*

(* P < 0.05)

VC: vital capacity, FEV_{1.0}: forced expiratory volume % in 1 second, R5: resistance at 5 Hz, R20: resistance at 20 Hz, R5-R20: subtract R20 from R5, X5: reactance at 5 Hz, Z5: impedance at 5 Hz.

表 3 The regression lines for each relationship between max. expiratory flow volume curve and IOS

y \ x	R5	R20	R5-R20	X5	Z5
PEFR	-5.82x + 7.92*	-6.01x + 7.52*	-8.70x + 6.55*	9.75x + 7.21*	-5.39x + 7.93*
MMEF	-3.79x + 3.61*	-3.04x + 3.10*	-6.98x + 2.82*	5.90x + 3.08*	-3.48x + 3.60*
V ₂₅	-1.64x + 1.43*	-1.17x + 1.17	-3.26x + 1.11*	2.52x + 1.20*	-1.51x + 1.43*
V ₂₅ /Ht	-0.937x + 0.854*	-0.625x + 0.694	-1.92x + 0.675*	1.44x + 0.720*	-0.866x + 0.855*
V ₅₀ /V ₂₅	2.71x + 3.28	2.28x + 3.61	4.87x + 3.85*	-4.63x + 3.6*	2.45x + 3.30*

(* P < 0.05)

PEFR: peak expiratory flow rate, MMEF: max. mid expiratory flow, V₂₅: flow rate at 25% of vital capacity, V₅₀: flow rate at 50% of vital capacity, R5: resistance at 5 Hz, R20: resistance at 20 Hz, R5-R20: subtract R20 from R5, X5: reactance at 5 Hz, Z5: impedance at 5 Hz.

表 4 The regression lines for each relationship between single breath N₂ washout test and IOS

y \ x	R5	R20	R5-R20	X5	Z5
CV	-0.181x + 0.468	-0.179x + 0.45	-0.332x + 0.431	0.463x + 0.47	-0.204x + 0.48
CV/VC	0.0477x + 0.110	0.0478x + 0.11	0.062x + 0.122	-0.085x + 0.12	0.041x + 0.111
FRC-CC	-1.51x + 1.26*	-1.54x + 1.15*	-2.27x + 0.906*	2.60x + 1.08*	-1.42x + 1.27*
ΔN ₂	3.79x + 3.00	2.87x + 3.55	7.71x + 3.73*	-12.2x + 2.66*	4.43x + 2.64*

(* P < 0.05)

CV: closing volume, CV/VC: closing volume / vital capacity, FRC-CC: subtract closing capacity from functional residual capacity, ΔN₂: difference of nitrogen concentration between 1250 ml and 750 ml volume at single breath nitrogen washout test, R5: resistance at 5 Hz, R20: resistance at 20 Hz, R5-R20: subtract R20 from R5, X5: reactance at 5 Hz, Z5: impedance at 5 Hz.

結局 R² 値が 2.0 以上になったのは僅かに 3 組だけであり、それらはスパイロメトリーから得た VC と EFV_{1.0} で認められた。1.5 ≤ R² < 2.0 となった組み合わせは 10 組であり、スパイロメトリーで 3 組、フローボリューム曲線では PEFR と MMEF において 6 組あったが、単一 N₂ 洗い出し曲線では Z₅ と FRC-CC との組み合わせしかなかった。0.10 ≤ R² < 0.15 であった組み合わせは 10 組あり、スパイロ

メトリーで 1 組、フローボリューム曲線では 7 組、単一呼吸 N₂ 洗い出し法で 2 組あり、フローボリューム曲線との組み合わせで多く見られた (表 5)。

2) IOS の 5 パラメータの比較

R5 の解析では、R² が 2.0 以上となった組み合わせはないが、0.15 ≤ R² < 0.20 は 3 組、さらに 0.10 ≤ R² < 0.15 は 2 組あった。R20 の解析では、R² が 1.0 以上の組み合わせは全くなかった。R5-R20 では、

0.15 ≤ R² < 0.20 の組み合わせが2組と 0.10 ≤ R² < 0.15 が3組あったが、それらの内の4組はフローボリューム曲線のパラメータとの解析であった。

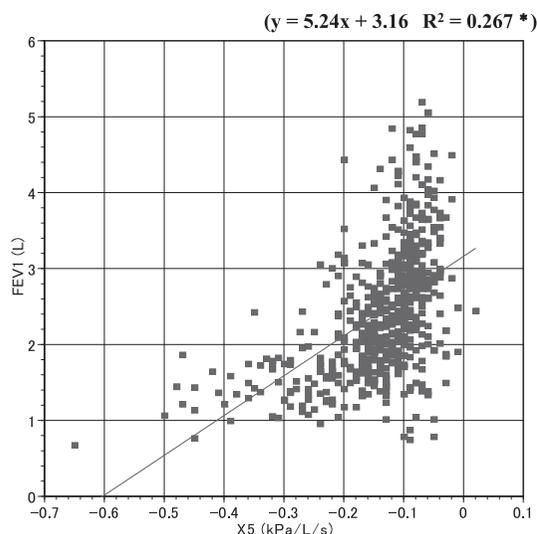


図 1 Linear regression analysis of 620 paired FEV_{1.0} to X₅
 FEV_{1.0}: forced expiratory volume % in 1 second,
 X₅: reactance at 5 Hz

X₅ では、R² が 2.0 以上の組み合わせが 2 組、0.15 ≤ R² < 0.20 が 1 組、0.10 ≤ R² < 0.15 が 2 組あった。Z₅ では、R² が 2.0 以上となったのは 1 組で、0.15 ≤ R² < 0.20 が 4 組、さらに 0.10 ≤ R² < 0.15 が 2 組あった。

結局 IOS の 5 パラメータでは、R² 値が 0.10 以上であった組み合わせ数は、Z₅ で最高の 7 組認められたが、R₂₀ では一つもなく、残りの R₅、R₅-R₂₀、X₅ では何れも 5 組あった。

考 察

術肺機能検査の有用性については諸家の意見が一致しており、此处には議論の余地はないと思われる。しかし、肺機能を正しく評価するには、測定時に患者の最大呼出努力を得る事が必要条件であり、この点が本検査における最大の問題である。従って、著者は安静呼吸時に、しかもたった数分で検査が行える IOS は術前検査として有用と考えたが、そのためには IOS により得られる各パラメータと従来の検査値との関係を明らかにする必要があり、今回の研究を行った。

表 5

y \ x	R ₅	R ₂₀	R ₅ -R ₂₀	X ₅	Z ₅
VC	0.127*	0.0688*	0.0995*	0.226*	0.166*
%VC	0.0197	0.00494	0.0250	0.0966*	0.0436*
EFV _{1.0}	0.177*	0.0809*	0.156*	0.267*	0.217*
FEV _{1.0} %	0.0581*	0.0123*	0.0767*	0.0324	0.0563*
PEFR	0.166*	0.0873*	0.125*	0.178*	0.185*
MMEF	0.153*	0.0486*	0.189*	0.141*	0.168*
V ₂₅	0.109*	0.0274	0.144*	0.0981*	0.120*
V ₂₅ /Ht	0.0993*	0.0218	0.140*	0.0890*	0.110*
V ₅₀ /V ₂₅	0.0387	0.0135	0.0421*	0.0433*	0.0412*
CV	0.00489	0.00235	0.0055	0.0122	0.00801
CV/VC	0.00337	0.00168	0.00192	0.00408	0.00325
FRC-CC	0.132*	0.0680*	0.0996*	0.149*	0.151*
ΔN ₂	0.018	0.00508	0.0250*	0.0709*	0.0319*

(※ P < 0.05)

Correlation coefficient (R²) between parameters in ISO (R₅: resistance at 5 Hz, R₂₀: resistance at 20 Hz, R₅-R₂₀: subtract R₂₀ from R₅, X₅: reactance at 5 Hz, Z₅: impedance at 5 Hz) and non-ISO (VC: vital capacity, FEV_{1.0}: forced expiratory volume in 1 second, PEFR: peak expiratory flow rate, MMEF: max. mid expiratory flow rate, V₂₅: flow rate at 25% of vital capacity, V₅₀: flow rate at 50% of vital capacity, CV: closing volume, CV/VC: closing volume/vital capacity, FRC-CC: subtract closing capacity from functional residual capacity, ΔN₂: difference of nitrogen concentration between 1250 ml and 750 ml volume at single breath nitrogen washout test)

今回の結果では、IOS とスパイロメトリー、フローボリューム曲線および単一呼吸 N_2 洗い出し法などのパラメータとの 65 解析において、45 組と比較的多くの組み合わせで推計学的に有意な相関関係が認められた。この結果から推測すると、IOS と従来の肺機能検査との相関性が高いように思われるが、相関性を示唆する R^2 値は最高でも 0.267 であり、高いとは言えない。しかも、 R^2 値が 0.2 以上を示した組み合わせはわずかに 3 組だけであり、 $0.15 \leq R^2 < 0.20$ が 10 組、さらに $0.10 \leq R^2 < 0.15$ が 10 組であった。結局、有意差が見られた 45 組において R^2 値が 0.1 に届かない組み合わせは 22 組と、ほぼ半数を占めていた。従って、IOS の各パラメータと従来の検査法のパラメータとの間には相関性は認められるものの、IOS が従来の肺機能検査を代用する程の高い相関性はなかった。

従来、呼吸抵抗を測定するために周波数を 3 Hz に固定したオシレーション法が行われてきた⁵⁾が、本研究では、5 ~ 35 Hz のマルチ周波数オシレーション法であるインパルスオシレーション法を用いた。本方式では 0.2 秒おきにインパルスを負荷し、それにより生じる変化を周波数毎に 30 秒間測定する。この際 5 Hz のインパルス波は中枢から末梢へと全気道に到達するのに対し、20 Hz のインパルス波は末梢気道には伝わらない。従って、IOS において 5 Hz のインパルス波負荷時に得られる粘性抵抗 (R_5) は全気道抵抗を、一方 20 Hz における粘性抵抗 (R_{20}) は中枢気道抵抗を表わし⁵⁾、両者の差である R_5-R_{20} は末梢気道抵抗を反映すると考えられている⁶⁾。一方、 X_5 は容量性リアクタンスであり、末梢肺の弾性抵抗を示し⁶⁾、 Z_5 は粘性抵抗 (R) とリアクタンス (X) からともめられる合成抵抗で、全呼吸インピーダンスである。

このように IOS の測定値は呼吸器系の各部位における抵抗を示すため、 R_5 や R_{20} などは EFV_{1.0} および EFV_{1.0%} と、一方 R_5-R_{20} は末梢気道の病態を示すパラメータである \dot{V}_{25} や CV との間にそれぞれ高い相関性を有すると考えていたが、今回の検討では否定的であった。この理由については、以下のように考察している。術前肺機能検査として現在施行されているスパイロメトリー、フローボリューム曲線さらに単一呼吸 N_2 洗い出し法などの検査では、いずれも被検者が最大呼出努力を行った際の流速を

測定するため、最大呼出がなされない場合には、測定値の信頼性は低くなる。例えば、スパイロメトリーを施行しても、完全に呼出されないと、呼出流量の不足により拘束性換気障害あるいは閉塞性換気障害との判定を受ける可能性がある。

一方、フローボリューム曲線の測定では、被検者の最大呼出努力により作りだされた max. flow によって dynamic compression が起きなければ、得られた曲線は relaxation curve であり、 \dot{V}_{25} は末梢気道の病態を反映しない。さらに、肺気腫では各肺気量における流速が著しく減少するため \dot{V}_{50} と \dot{V}_{25} の両者は小さくなり、 $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ は増加せず、末梢気道の閉塞は少ないと評価される。また単一呼吸 N_2 洗い出し法で測定される CV は主として下側肺の気道閉塞を反映する⁷⁾が、最大呼気位付近において検出されるため、呼出努力が残気量位まで継続されないと、測定値は小さくなり、CV/VC は減少する。そのうえ、第 IV 相の起始部が明確でない症例が多いこと、不均等換気の強い症例では、第 III 相の傾きが急峻となるため IV 相との鑑別が困難なことなど⁸⁾、CV の測定にはいくつかの問題がある。

以上のように、測定時に被検者が最大呼出努力を行わないと、所有する肺機能よりもスパイロメトリーでは過小に、一方フローボリューム曲線と単一呼吸 N_2 洗い出し法では過大に評価する。従って、これらの検査時には最大呼出努力での測定が不可欠であるが、術前患者では原疾患による疼痛、不安や摂食制限による意欲の低下などにより十分に呼出できない可能性がある。また高齢者では検査に対する理解力と適応力の不足により、同様の現象が起きやすい。

その上、IOS の R_5-R_{20} と \dot{V}_{25} や CV との相関性が低かった結果には、以下のような現象も関与していると思われる。前述のように、末梢気道の閉塞が強いとフローボリューム曲線では \dot{V}_{25} が低下するため $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ が上昇し、単一 N_2 洗い出し曲線において CV/VC も増加するが、常にこの様な変化を呈するとは限らない。その理由は、ばらつきの程度を示す変動係数が \dot{V}_{25} では VC や FEV_{1.0} などの約 2 倍もあり、スパイロメトリーで得られパラメータと異なりこれらの値では個人差が大きく、例え身長や全肺容量で除しても補正が難しいという⁹⁾。従って、末梢気道に閉塞が存在しても \dot{V}_{25} と CV が異常

値とならない場合もあり、そのため R5-R20 との相関性が低下した可能性がある。その他にも測定時の呼吸状態の違いが影響していると思われる。前述の様に、安静呼吸時に測定が行われる IOS と異なり、 \dot{V}_{25} および CV は最大吸気位から最大呼気位まで最大呼出努力時での測定であり、測定時における気道および肺の動態は両者において大きく異なる。従って、 \dot{V}_{25} と CV は気道および肺に負荷を与えた際における易虚脱性を表わすのに対し、IOS は平常時での虚脱状況を示唆しているとも解される。また \dot{V}_{25} に比べると CV のほうが IOS との相関性が低い傾向にあったが、フローボリューム曲線は dynamic な、他方単一呼吸 N_2 洗い出し法は static な状況における測定であり、両者の検査時における呼吸状況も異なるためと思われる。

ISO はマウスピースを装着して測定回路を介した呼吸を要するが、測定はたった数分間で終了する。そのうえ、IOS の測定精度についても十分に検討されており、IOS の再現性が良いことに関しては諸家の意見が一致している^{10,11)}。例えば、気管支喘息患者を対象に 10 Hz のインパルス負荷時の Z を測定し、この点についての検討を行った Snashall ら¹²⁾ の報告では、変動係数は 4.9% であり、病的状態においても再現性の高い事が明らかである。従って、IOS は一回の測定で十分であり、この点からも術前患者には適した検査と言えよう。この特性を利用し、既に、検査の施行が難しい小児例^{13,14)}、成人でも安定した呼吸状況が得にくい COPD 症例などでは、R5-R20 により治療効果が判定されている¹⁵⁾。

以上のように、IOS には多くに利点が認められるが、臨床応用されてから日が新しく、測定値の評価にも % 肺活量や EFV_{1.0%} などのように明確な基準がないのが現状であり¹⁶⁾、ましてや術前検査に応用した報告は極めて少ない³⁾。従って、今後の詳細な検討が必要と思われる。

稿を終えるにあたり、ご指導をいただきました安本和正教授、データ集積にご協力いただいた鈴木保良先生ならびに肺機能検査室の皆様へ深甚なる謝意を表します。

文 献

1) 安本和正：術前肺機能検査 最近の進歩。麻酔 43 (Suppl.): 93-101, 1994.

2) 安本和正, 稲田 豊：術後肺合併症発生予測スコアとその有効性の検定。麻酔 35 : 1083-1092, 1986.

3) 鈴木保良：術前呼吸機能検査における impulse oscillation system の導入。麻酔 58 : 145-152, 2009.

4) 塩田智美, 藤井充弘, 植木 純, ほか：パルスオキシレーション法による肺末梢領域の換気力学的応答。呼吸と循環 51 : 255-261, 2003.

5) 小川浩正：呼吸機能検査 インパルスオシロメトリー法。呼吸と循環 54 : 615-622, 2006.

6) 田中裕士, 藤井 偉, 田中康正, ほか：Impulse oscillation system を用いた成人重症持続型喘息の末梢気道抵抗の検討。呼吸 26 : 675-679, 2007.

7) McCarthy DS, Spencer R, Greene R, *et al*: Measurement of "closing volume" as a simple and sensitive test for early detection of small airway disease. *Am J Med* 52 : 747-753, 1972.

8) Demedts M, DeRoo M, Cosemans J, *et al*: Xenon and nitrogen single-breath washout curves in patients with airway obstruction. *J Appl Physiol* 41 : 185-190, 1976.

9) 後藤 武：Flow-volume 曲線の個人差と解剖学的死腔の関係についての検討。日胸疾患会誌 17 : 131-141, 1979.

10) Oostveen E, Macleod D, Lorino H, *et al*: The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. *Eur Respir J* 22 : 1026-1041, 2003.

11) Shiota S, Fujii F and Ueki J: Assessment of respiratory impedance by master screen impulse oscillometry system. *Am J Respir Crit Care Med* 165 : A496, 2002.

12) Snashall PD, Parker S, Ten Harve P, *et al*: Use of an impedance meter for measuring airways responsiveness to histamine. *Chest* 99 : 1183-1185, 1991.

13) Nieto A, Pamies R, Oliver F, *et al*: Montrlukast improves pulmonary function measured by impulse oscillometry in children with asthma (Mio study). *Respir Med* 100 : 1180-1185, 2006.

14) Kapsali T, Permutt S, Laube B, *et al*: Potent bronchoprotective effect of deep inspiration and its absence in asthma. *J Appl Physiol* 89 : 711-720, 2000.

15) 田中裕士, 藤井 偉, 田中宣之, ほか：ツロブテル貼布薬で末梢気道病変が改善した COPD 合併高齢者喘息の 2 例 Impulse Oscillometry による解析。Prog Med 27 : 2159-2162, 2007.

16) Shiota S, Katoh M, Fujii M, *et al*: Predictive equations and the reliability of the impulse oscillatory system in Japanese adult subjects. *Respirology* 10 : 310-315, 2005.

CLINICAL INTRODUCTION OF IMPULSE OSCILLATORY SYSTEM

Tamotsu OKADA

Department of Anesthesiology, Showa University, School of Medicine

Abstract — Background: Preoperative lung function tests are useful to evaluate the preoperative pulmonary condition and to detect a high risk of postoperative pulmonary complications. However, maximum expiratory effort by patients is necessary to determine lung function using spirometry, flow-volume curve and single breath N₂ washout test. When patients are not able to expire completely during the measurement, incorrect data regarding their respiratory system is obtained. On the other hand, it is believed that respiratory system impedance using an impulse oscillatory system (IOS) can quickly evaluate total airway resistance (R₅), large airway resistance (R₂₀), small airway resistance (R₅-R₂₀) and capacitive reactance (X₅) under breathing at rest. There are so few reports which indicate the standard values for IOS that the evaluation of IOS values is not clear. In this study we evaluate the relationship between parameters in ISO and non-ISO such as VC, FEV_(1.0), PEF_R, MMEF, \dot{V}_{25} , CV and FRC-CC.

Subjects and Methods: Six hundred twenty patients ranging from 20 to 89 years of age and scheduled for elective surgery were studied. IOS and non-ISO, such as spirometry [VC, FEV_(1.0)], maximum expiratory flow-volume curve (PEFR, MMEF and \dot{V}_{25}) and single N₂ washout curve (CV and FRC-CC) were preoperatively measured to investigate the relationship between parameters in IOS and non-ISO. We examined the relationship between IOS and non-ISO by calculating Pearson's product-moment correlation coefficient.

Results: Regression equations obtained between IOS and non-ISO parameters were statistically significant ($p < 0.05$). The highest correlation coefficient (R^2) was 0.267 between X₅ and FEV_(1.0) (Table 2). The second highest R^2 was 0.226 between X₅ and VC. R^2 was 0.189 between R₅-R₂₀ and MMEF, which is relatively high considering that those values indicate small airway conditions.

Conclusions: Although the relationship between IOS and non-ISO was statistically significant in this study, further study is necessary to obtain sufficiently high R^2 to apply IOS clinically in place of non-ISO.

Key words: impulse oscillation system, preoperative lung function tests, spirometry, flow volume curve, single breath N₂ washout test

[受付：2月17日，受理：2月28日，2012]