

術前スパイロメトリーと一側肺換気中の 動脈血酸素分圧との相関

笠間 進* 加藤幹芳 望月憲招
小田切徹太郎

信州大学医学部麻酔・蘇生学教室

Correlation between Preoperative Spirometry and Arterial Partial Oxygen Pressure during One-Lung Ventilation

Susumu KASAMA, Mikiyoshi KATOU, Noriaki MOCHIZUKI
and Tetsutaro OTAGIRI

Department of Anesthesiology and Resuscitology, Shinshu University School of Medicine

We evaluated the correlation between routine preoperative spirometry and PaO₂ during one-lung ventilation (OLV) in 75 patients who underwent open chest surgery in the lateral position. PaO₂ at 30 minutes after the start of OLV showed the lowest value and correlated inversely with preoperative $\dot{V}50/\dot{V}25$ ($r=0.47$, $p<0.01$). Also, preoperative $\dot{V}50/\dot{V}25$ in 24 patients whose PaO₂ decreased to less than 100 mmHg during OLV was 3.82 ± 1.05 (mean \pm SD), which was significantly higher than that of the other patients (2.96 ± 0.87 , $p<0.01$). $\dot{V}50/\dot{V}25$ increases with obstructive disease of peripheral airways characterized by ventilation-perfusion inequality, and OLV may aggravate this inequality further. We therefore assume that PaO₂ during OLV is apt to decrease in high preoperative $\dot{V}50/\dot{V}25$ patients. *Shinshu Med J* 49: 147-150, 2001

(Received for publication January 29, 2001; accepted in revised form February 19, 2001)

Key words: one lung ventilation, arterial partial oxygen pressure, pulmonary function testing, flow-volume curve, $\dot{V}50/\dot{V}25$

一側肺換気, 動脈血酸素分圧, 肺機能検査, フローボリューム曲線, $\dot{V}50/\dot{V}25$

I 緒 言

一側肺換気 (OLV) 中はしばしば動脈血酸素分圧 (PaO₂) の低下が問題となる。今回われわれは、患者に過度の侵襲を与えることのないルチン術前検査からその程度を評価できないかについて、術前肺機能検査値と OLV 中の PaO₂ との相関を検討した。

II 対象と方法

術前に肺機能検査と動脈血ガス分析が行われ、術中に OLV を施行した肺または食道の予定手術患者75例を対象とした。麻酔前投薬として、硫酸アトロピン 0.01mg/kg と塩酸ベチジンまたはヒドロキシジン 1 mg/kg を手術室入室30分前に筋注した。入室後に胸

部硬膜外カテーテルを留置した。麻酔の導入はチオペンタール 4~5 mg/kg で行い、スキサメトニウム 1 mg/kg を静注したのち、double-lumen endo-tracheal tube (Broncho-Cath™35~39Fr) を用いて気管内挿管した。維持は酸素 6 l/min・イソフルランと硬膜外麻酔を併用して行い、パンクロニウムで筋弛緩を得て機械式調節呼吸とした。換気条件は 1 回換気量 10ml/kg, 分時換気回数 10 回, 吸呼気比 1:2 に設定して OLV 中も変更しなかった。橈骨動脈にカニューレを留置して観血的動脈圧測定と採血に用いた。体位を側臥位に固定してから聴診・気管支ファイバースコープ等で double-lumen tube の位置が適正であることを確認したのちに 10 分間の両側肺換気を行い、動脈血ガス分析を施行した。このときを 0 分として OLV を開始し、10, 20, 30, 60, 90, 120 分の動脈血ガスを測定した。

* 別刷請求先: 笠間 進 〒390-8621
松本市旭 3-1-1 信州大学医学部麻酔・蘇生学

各測定時点でのPaO₂を分散分析で、またそれらと患者背景因子および肺機能検査値との相関を直線回帰分析によって検討した。さらに、OLV 中いずれかの測定時点でPaO₂が100mmHg未滿に低下したものをL群、100mmHg以上に維持されたものをH群として、2群間の術前因子と換気側をMann-WhitneyのU検定とFisherの直接法を用いて比較検討した。数値はmean±SDで示し、p<0.05を有意とした。

III 結 果

対象75例の内訳は、年齢59±15歳、Body Mass Index (BMI) 22±3 kg/m²、術前PaO₂ 78.4±9.4 mmHg、右OLV28例・左OLV47例であった。両肺換気中のPaO₂ (0分値)は491.4±54.6mmHgで、OLV 中は10分値 266.8±109.2mmHg、20分値 211.3±104.2mmHg、30分値 200.7±112.0mmHg、60分値 234.6±105.6mmHg、90分値 275.9±109.8 mmHg、120分値 322.6±96.8mmHgと、両肺換気中に比べて有意に低下し、30分で最低値を示した。

年齢、BMI、術前PaO₂と、各測定時点でのPaO₂の間に有意な相関はなかった。また両肺換気中のPaO₂とOLV中のPaO₂に有意な相関は認められなかった。術前肺機能検査値との検討では、%VC、%FVC、FEV_{1.0}%などのスパイロメトリー測定値とOLV中のPaO₂との間に有意な相関はなかった。しかしフローボリューム分析値については、 $\dot{V}50/\dot{V}25$ がOLV中PaO₂の最低値である30分値との間に有意な逆相関を示した (r=-0.47, p<0.01: Fig.1)。

一方、OLV 中いずれかの測定時点でPaO₂が100 mmHg未滿に低下した症例 (L群) は24例であった。これらはH群に比較して、年齢と $\dot{V}50/\dot{V}25$ が有意に高値、術前PaO₂と $\dot{V}25$ が有意に低値であった。L群の左OLV例は21例 (87.5%)で、H群の26例 (51.0%)に比べ有意に多かった (Table 1)。

IV 考 察

OLV 中のPaO₂を予測する方法としてNomoto¹⁾は、術前の左右肺血流比がOLV時のシャント血流に大きく影響するとされることから、術前に^{99m}Tc-MAAによる肺血流分布を測定してOLV中のPaO₂との相関を検討した。その結果、術前健側肺血流比が高い症例ほどOLV時のPaO₂は高く、逆に健側肺血流比が低い症例ほどOLV時にPaO₂が低く、両者間に高い相関 (r=0.84, p<0.05) が得られた。したがって術

前に^{99m}Tc-MAAによる左右肺血流比を調べることでよりOLV時のPaO₂をある程度予想できると報告した²⁾。しかし現在、術前の肺血流分布測定はルチーンに施行されておらず、放射性元素を用いる侵襲性から今後もルチーン検査にはならないと考えられる。

術前のルチーン検査であるスパイロメトリーとOLV中のPaO₂との相関については、Katzら³⁾が%FVCおよび%FEV_{1.0}とOLV開始10分後のPaO₂との逆相関 (r=-0.51, p<0.05およびr=-0.66, p<0.005)を、Nomoto¹⁾が%VCおよび%FVCとOLV開始30分後のPaO₂との逆相関 (r=-0.59, p<0.05および-0.68, p<0.05)を報告している。その理由として、これらスパイロメトリー測定値の低下は片側の肺病変を反映した結果で、特に膿胸側に顕著であり、その場合に術前から患側肺の血流は低下して、健側肺への肺血流の再分布が生じている可能性を指摘した。また清水ら⁴⁾は、OLV中のPaO₂が80mmHg未滿に低下した症例群のFVCとFEV_{1.0}は、80mmHg以上に維持された症例群より有意に低値であったと報告し、FVC・FEV_{1.0}の小さい患者ではOLV時の健側肺ガス交換面積の絶対値も小さくなるため、少量の分泌物流入であってもガス交換に大きく影響して低酸素血症を合併するものと推測した。さらに椋木ら⁵⁾は、術前よりなんらかの肺疾患を有する症例ではOLV中のPaO₂低下が有意に高率であったと報告している。

本研究ではこれらの報告と異なり、スパイロメトリー測定値とOLV中のPaO₂に有意な相関は認められなかった。その理由として、Katzら³⁾やNomoto¹⁾の報告では%VCあるいは%FEV_{1.0}が40%前後から100

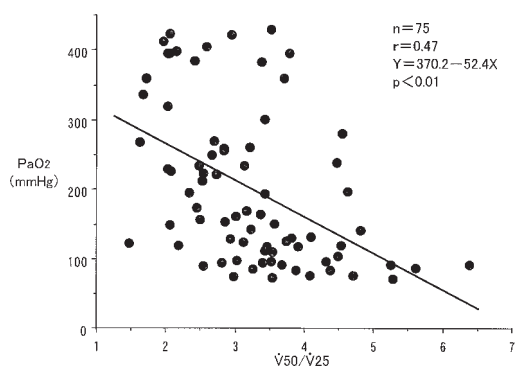


Fig.1 Inverse correlation between preoperative $\dot{V}50/\dot{V}25$ and PaO₂ at 30 minutes after the start of one lung ventilation

Table 1 Comparison of patients with or without hypoxemia (PaO₂<100mmHg) during one lung ventilation (OLV)

	group L (n=24)	group H (n=51)	P value
Minimum PaO ₂ during OLV (mmHg)	<100	≥100	
Age (yr)	64±12	56±15	<0.05
Height (cm)	158±9	160±9	NS
Weight (kg)	57±10	55±9	NS
Body mass index (kg/m ²)	23±3	21±3	NS
Preoperative PaO ₂ (mmHg)	72.3±6.5	81.0±9.6	<0.01
VC (l)	2.82±0.65	3.23±0.95	NS
%VC (%)	95.9±15.3	102.1±18.3	NS
FVC (l)	2.79±0.62	3.15±0.94	NS
%FVC (%)	96.0±17.0	99.3±18.6	NS
FEV _{1.0} (l)	2.13±0.49	2.49±0.85	NS
%FEV _{1.0} (%)	97.9±18.8	100.3±20.8	NS
FEV _{1.0} % (%)	78.6±10.7	79.4±9.1	NS
PEFR (l/sec)	5.26±2.26	6.21±2.60	NS
Ḃ75 (l/sec)	4.45±1.81	5.42±2.52	NS
Ḃ50 (l/sec)	2.50±0.84	3.03±1.66	NS
Ḃ25 (l/sec)	0.69±0.28	1.08±0.78	<0.05
Ḃ50/Ḃ25	3.82±1.05	2.96±0.87	<0.01
OLV side (left/right)	21/3	26/25	<0.01

Data are mean±SD or number. NS=not significant

%以上まで広く分布して低肺機能症例の割合も高かったのに対して、本研究では%VCが80%未満またはFEV_{1.0}%が70%未満の症例は21例(28%)に過ぎず、またその値も50%以上と、低肺機能症例の割合が低かったためと考えられる。これら21例におけるOLV中のPaO₂の最低値は179.2±103.8mmHgであり、スパイロメトリーで肺機能障害を認めなかった54例の166.4±84.6mmHgと有意差はなかった。また清水ら⁴⁾の報告ではPaO₂が80mmHg未満を低酸素血症としており、対象も23例と少数であったためではないかと考えられる。

一方、本研究では、フローボリューム分析値のうちḂ50/Ḃ25がOLV30分のPaO₂と有意な逆相関を示した(r=-0.47, p<0.01)。またOLV中にPaO₂が100mmHg未満に低下したL群のḂ50/Ḃ25は3.82±1.05であり、100mmHg以上に維持されたH群の2.96±0.87に比較して有意に高値であった。

フローボリューム曲線の低肺気量領域では、気道抵抗や肺胞のコンプライアンスなど、胸郭の力に依存しない肺のみによって規定されるフローが得られ、低肺気量での呼気閉塞現象を容易に観察できる⁶⁾。さらに

低肺気量位での気流速度に再現性があることから、末梢気道病変の検出に優れている⁷⁾。なかでもḂ50/Ḃ25は敏感かつ有用な指標であり、他のすべてのパラメータに異常のない症例における単独異常値として認められる頻度が最も高く⁸⁾、それが3以上であれば末梢気道の閉塞性病変を意味するとされている⁷⁾。さらにWagnerら⁹⁾は、慢性閉塞性肺疾患の特徴は肺換気血流比の不均衡にあり、その程度はPaO₂やFEV_{1.0}%と相関しないとしている。

こうしたことから、術前の肺機能検査でスパイロメトリー測定値に異常がない症例であっても、Ḃ50/Ḃ25が高値な場合は末梢肺換気血流の不均衡が存在すると考えられる。そのような症例に対してOLVを施行することは、換気血流比の不均衡をさらに悪化させる結果となり、PaO₂の低下を来しやすいものと考えられる。本研究でもスパイロメトリーで肺機能障害を認めない54例のうち、Ḃ50/Ḃ25が3以上であった29例におけるOLV中のPaO₂の最低値は141.8±81.2mmHgであり、Ḃ50/Ḃ25が3未満であった25例の195.0±80.8mmHgより有意に低下していた。同様に、換気側によってOLV中のPaO₂低下に差はないとす

る報告⁹⁾もある一方で、本研究ではL群の左OLV施行例が有意に多かった理由として、左OLV施行例の $\dot{V}50/\dot{V}25$ が 3.47 ± 1.05 と、右OLV施行例の 2.83 ± 0.83 と比較して有意に高かったためと考えられる。

$\dot{V}50/\dot{V}25$ は加齢とともに上昇⁸⁾、 PaO_2 は同様に低下する。このためL群の術前 PaO_2 が有意に低値、年齢が有意に高値であったものと考えられる。また $\dot{V}50$ はL・H両群間で有意差がなく $\dot{V}25$ はL群で有意に低値であったことから、L群の $\dot{V}50/\dot{V}25$ の上昇は主に

$\dot{V}25$ の低下によるのかもしれない。

以上、閉塞性肺病変は肺換気血流比の不均衡をその特徴とし、OLVの施行はこれをさらに悪化させる結果となる。 $\dot{V}50/\dot{V}25$ は末梢気道の閉塞性病変を鋭敏に反映するパラメータであり、術前に $\dot{V}50/\dot{V}25$ が高値な症例に対する開胸手術にさいしては、OLV中の PaO_2 の低下に特に注意が必要であるとともに、OLVの施行が困難な可能性を考慮する必要があると考えられた。

文 献

- 1) Nomoto Y: Preoperative pulmonary blood flow and one-lung anaesthesia. *Can J Anaesth* 34: 447-449, 1987
- 2) 野本幸子: 片肺換気. *臨床麻酔* 16: 457-465, 1992
- 3) Katz JA, Laverne RG, Fairley HB, Thomas AN: Pulmonary oxygen exchange during endobronchial anesthesia. *Anesthesiology* 56: 164-171, 1982
- 4) 清水唯男, 平尾 収, 福岡哲男, 米倉雅之, 天野 勝: 片肺換気時の患側肺CPAPと動脈血酸素分圧. *臨床麻酔* 17: 1589-1593, 1993
- 5) 榎木康弘, 高橋成輔, 吉武潤一: 片肺換気中の血液ガス値の変動とモニター. *麻酔* 39: 1597-1601, 1990
- 6) 佐々木英忠, 関沢清久, 会川尚志, 矢内 勝, 板橋 繁, 福島健泰, 森川昌利, 手塚光彦, 氏家祐子: スパイロメトリー・フローボリューム曲線. *臨床検査* 34: 287-292, 1990
- 7) 宮下 明, 鈴木俊介, 大久保隆男: スパイロメトリーによる閉塞性肺疾患の評価. *呼吸* 15: 291-295, 1996
- 8) 白石 透: スパイロからFlow-Volumeへ. *臨床病理* 27: 292-298, 1979
- 9) Wagner PD, Dantzker DR, Dueck R, Clausen JL, West JB: Ventilation-perfusion inequality in chronic obstructive pulmonary disease. *J Clin Invest* 34: 203-216, 1977

(H 13. 1. 29 受稿; H 13. 2. 19 受理)