

肺切除術術前心肺機能評価としての運動負荷試験

— 特に術後合併症発生群と非発生群の比較 —

岡山大学医学部第二外科学教室 (主任: 寺本 滋教授)

中 野 秀 治

(昭和63年2月12日受理)

Key words: 肺切除術, 心肺機能検査, 運動負荷試験, 術後合併症, 最大酸素摂取量

緒 言

開胸手術, 特に肺切除術を施行する患者においては, 術前的心肺機能の把握は, 耐術能を知り, 術後の合併症発生を防ぐ上で, 極めて重要である。

従来, 開胸手術に際しては, 術前の総合呼吸機能検査や, 血液ガスの他, 一側肺動脈閉塞試験¹⁾, 肺シンチグラフィによる術後呼吸機能の予測²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾等の検査が重視されてきた。

しかし, これらの検査は, 静的状態での観察であるため, 運動負荷によって始めて証明される潜在性的心肺機能障害の予測をすることは出来ない。そこで開胸, 肺切除という侵襲に対する心肺機能の予備能の予測が重要な問題となってくる。

Reichel⁶⁾は, 一側肺摘除患者の術前検査には, 運動負荷試験がもっともよい指標になると報告しており, また, Smithら⁷⁾は, 22例の患者について, 自転車エルゴメーターによる運動負荷試験を行って, $\dot{V}O_2\max < 20\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$ のとき, 術後合併症が多発したと述べている。

林⁸⁾は, 多段階連続トレッドミル負荷試験によって, 術後の心肺機能予測が可能であるとした。

また, 術前の呼吸機能検査, 血液ガスその他の一般検査で, 異常を認めない症例でも, 開胸術後に呼吸不全を来したり, 高度の不整脈などを起こしたりすることがある。

そこで, 著者は術前的心肺機能の評価及び術後心肺合併症発生との関連を検討する目的で,

肺切除術施行患者に対する術前検査の一つとして, 従来行なわれている検査に加えて, 自転車エルゴメーターによる運動負荷試験を行い, 各種のパラメーターとの関連性を検討した。

対 象 と 方 法

1. 対 象

昭和60年11月から, 昭和61年12月までの間に, 岡山大学第2外科で肺切除術を行なった患者のうち, 明らかな心疾患を有しない40例を対象とした。

その内訳は, 男性24例, 女性16例で, 年齢は36歳から78歳, 平均62歳であった。

疾患別では, 肺癌37例, 肺感染症3例で, 手術方法は, 肺全摘術2例, 肺葉切除術33例, 肺部分切除術5例であった。

術後心肺合併症は, 下記の6項目とした。

- 1) 術後レスピレーター2日以上使用
- 2) $\text{PaCO}_2 > 45\text{mm Hg}$ 以上の呼吸不全
- 3) 気管支ファイバーによる気道吸引を必要とした喀痰咯出困難
- 4) 胸部レ線写真上に認められた無気肺
- 5) 38℃以上の発熱を伴う肺炎
- 6) 要治療の不整脈

これらの基準により, 呼吸不全3例, 喀痰咯出困難1例, 肺炎1例, 不整脈4例の計9例(22.5%)が合併症と認められ, その内訳は, 男性7例, 女性2例。疾患別では, 肺癌8例, 肺感染症1例で, 手術方法は, 肺全摘術1例, 肺葉切除術6例, 部分切除術2例であった。

2. 方法

肺切除術予定患者40例に対して、コリンズ社製装置による術前総合呼吸機能検査を施行し、FVC (努力性呼気肺活量), % FVC (比努力性呼気肺活量), FEV_{1.0} (一秒量), FEV_{1.0%} (一秒率), MVV (最大分時換気量), % MVV (比最大分時換気量), DLco (一酸化炭素拡散能), % DLco (比一酸化炭素拡散能) を測定した。

また、これと同じ時期に、自転車エルゴメーター (スウェーデン, モナーク社製) を用いて、段階的運動負荷試験を施行した。

運動負荷の方法は、図1に示すように、10分間の安静の後、0 (unloaded), 30, 60, 90watts と3分毎に負荷量を増加し、この負荷量まで到達出来た患者には、運動負荷開始12分目より120

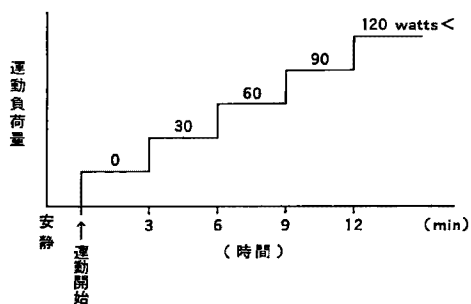


図1 運動負荷方法

watts 以上の負荷量をかけて、symptom limited まで行なった (図1)。

これと併行して、心電図モニター監視下に、自動呼気ガス分析器 (三栄測器エアロピクスプロセッサー391) を用いて、1分毎に、 $\dot{V}O_2$ (酸素摂取量), $\dot{V}CO_2$ (炭酸ガス排泄量), $\dot{V}E$ (分時換気量), 呼吸数及び心拍数を測定した。

また同時に、橈骨動脈より運動負荷前後の血液ガス、乳酸値測定 (紫外部吸光度測定・End Point 法・テストコンビネーション) 及び血圧モニターを行なった。

これらの諸検査によって得られた測定値を、術後心肺合併症発生群と非発生群に分け、両群間で比較検討を行なった。

各群間の比較は、Wilcoxon 検定を用いて、 $P < 0.05$ をもって有意差ありとした。

結 果

1. 年齢・身長・体重・術前総合呼吸機能検査・血中ヘモグロビン値の検討

対象患者の全例について行なった成績を、合併症発生群・非発生群に分けてまとめると、表1の通りである (表1)。

年齢は、合併症発生群では平均63.4歳、非発生群では、61.7歳、身長は同じく157.8cmと157.5cm、体重は54.2kgと55.4kgで両群ともに差異は

表1 年齢・身長・体重・術前総合呼吸機能検査と血中ヘモグロビン値

		合 計 (40例)	合併症発生群 (9例)	非 発 生 群 (31例)
年	齢	62 ± 9.7	63.4 ± 6.9	61.7 ± 10.5
身	長	157.6 ± 8.8	157.8 ± 4.7	157.5 ± 9.8
体	重	55.1 ± 9.8	54.2 ± 7.7	55.4 ± 10.4
FVC	(ℓ)	2.8 ± 0.8	2.5 ± 0.4	3.0 ± 0.9
* % FVC	(%)	90.8 ± 16.7	78.3 ± 11.5	94.1 ± 16.4
FEV _{1.0}	(ℓ)	2.2 ± 0.7	2.0 ± 0.3	2.3 ± 0.7
FEV _{1.0%}	(%)	78.2 ± 7.3	79.1 ± 8.6	77.9 ± 7.0
MVV	(ℓ)	85.0 ± 32.9	83.8 ± 23.0	88.3 ± 35.6
% MVV	(%)	89.1 ± 23.9	87.9 ± 20.1	89.4 ± 25.2
* DLco	(ml/min/mm Hg)	19.9 ± 6.7	15.8 ± 6.1	21.1 ± 6.4
* % DLco	(%)	89.4 ± 28.1	69.4 ± 32.1	95.7 ± 24.0
Hb	(mg/dl)	13.2 ± 1.6	13.5 ± 1.3	13.1 ± 1.8

means ± S. D

* p < 0.05

なかった。

FVC, FEV_{1.0}, FEV_{1.0%}, MVV, % MVV は、合併症発生群の方が何れも多少低値を示したが、有意の差は認められなかった。

% FVC, DLco, % DLco の3者は、合併症発生群が、非発生群に比べて、有意に低値を示した。

血中ヘモグロビン値は両群ともほぼ同様の値を示した。

合併症発生群と非発生群との間に有意の差が認められた。% FVC, DLco, % DLco 値は、図2に示した通りで、% FVC は合併症発生群が78.3±11.5%に対して非発生群では94.1±16.4%、DLco は合併症発生群が15.8±6.1ml/min/mm Hgであるのに対し、非発生群では、21.1±6.4 ml/min/mm Hg、% DLco は、合併症発生群が69.4±32.1%に対して、非発生群では95.7±24.0%と、平均値ではかなりの差異があるが、個々の実測値では重なりが多く見られた(図2)。

2. 運動負荷試験

1) 呼気ガス分析及び心拍数

運動負荷試験の際に測定された1分間の $\dot{V}O_2$ の最大値を $\dot{V}O_2max$ とし、その時点での $\dot{V}CO_2$ 、 $\dot{V}E$ を、 $\dot{V}CO_2max$ 、 $\dot{V}Emax$ とした。

全症例及び合併症発生群、非発生群の $\dot{V}O_2max$ 、 $\dot{V}O_2max/体重$ 、 $\dot{V}CO_2max$ 、 $\dot{V}Emax$ 、 $\dot{V}O_2max/\dot{V}Emax$ 及び運動負荷中の最大心拍数(pulse max)は表2の如くであった(表2)。

$\dot{V}CO_2max$ 、 $\dot{V}Emax$ 、 $\dot{V}O_2max/\dot{V}Emax$ は、合併症発生群と非発生群の間に有意の差を認めなかったが、 $\dot{V}O_2max$ は、合併症発生群が平均

898±167ml/min であるのに対し、非発生群では、1129±304ml/min と20%以上の差を示し、 $\dot{V}O_2max/体重$ でも合併症発生群が平均16.6±2.5 ml/min/kg、非発生群が20.5±4.9ml/min/kg、pulse max は、合併症発生群が120±19回/min、非発生群が137±18回/min で、以上3つのパラメーターに両群間で有意の差が認められた。

$\dot{V}O_2max$ 、 $\dot{V}O_2max/体重$ 、pulse max の成績を図3に示した(図3)。

2) 血液ガスの変動

全症例でみると、PaO₂は運動負荷前82.5±12.9mm Hgであったものが負荷後88.4±11.9mm

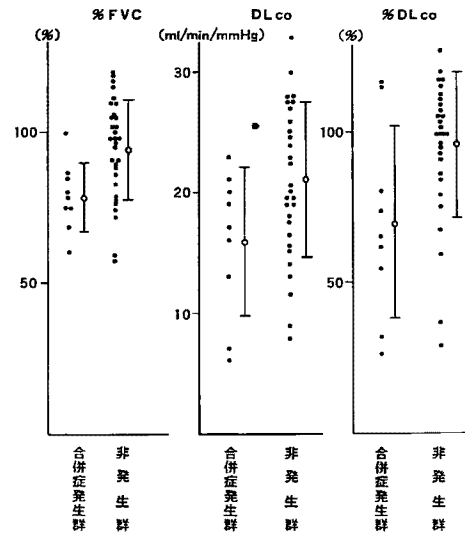


図2 総合呼吸機能検査で、有意差の認められたパラメーターの実測値

表2 運動負荷試験にて有意差の認められたパラメーターの実測値

	合計(40例)	合併症発生群(9例)	非発生群(31例)
* $\dot{V}O_2max$ (ml/min)	1077±294	898±167	1129±304
* $\dot{V}O_2max/体重$ (ml/min/kg)	19.6±4.7	16.6±2.5	20.5±4.9
$\dot{V}CO_2max$ (ml/min)	1113±370	969±312	1155±379
$\dot{V}Emax$ (l/min)	38.1±9.7	36.1±7.0	38.7±10.4
$\dot{V}O_2max/\dot{V}Fmax$ (ml/l)	28.8±5.6	25.7±5.8	29.8±5.3
* Pulse max	133±19	120±19	137±18

means±S. D

* p<0.05

Hg と上昇傾向を示し、PaCO₂は、運動負荷前 36.7±3.7mm Hg のものが負荷後40.8±6.2mm Hg と有意に上昇し、HCO₃⁻は、運動負荷前 24.4±2.6m mol/l、負荷後23.3±2.9m mol/l と低下傾向、SaO₂は、運動負荷前後で96.0±1.7%、96.1±2.1%とほぼ不変であった。

合併症発症群と非発症群を比較すると、合併症発症群は PaO₂、SaO₂は運動負荷前後でそれぞれ、88.8±13.2mm Hg が83.0±15.0mm Hg、96.0±1.1%が95.5±2.5%となり、負荷後に低

下傾向を示し、PaCO₂、HCO₃⁻は運動負荷前後で、35.4±1.2mm Hg が40.6±2.5mm Hg、22.4±1.3m mol/l が24.7±0.3m mol/l と上昇傾向を示したのに対し、非発症群では、PaO₂、PaCO₂は、運動負荷前後で、81.0±12.8mm Hg が89.6±11.2mm Hg、37.1±4.0mm Hg が40.8±6.8mm Hg と負荷後に有意に上昇、SaO₂は、運動負荷前後で95.9±1.8%が96.2±2.1%とほぼ不変、HCO₃⁻は、運動負荷前24.6±2.6m mol/l が負荷後に23.2±3.1m mol/l と低下傾向を示した(表3)。

3) 乳酸値の変動

乳酸値は、表4に示す如く、全症例では、運動負荷前11.5±3.2mg/dlであったものが、負荷後には38.3±14.3mg/dlとなった。

合併症発症群と非発症群にわけてみると、合併症発症群では、運動負荷前11.9±1.8mg/dlであったものが、負荷後には38.4±7.4mg/dl、非発症群では運動負荷前11.4±3.5mg/dlが負荷後には38.2±15.6と、両者はほぼ同様の傾向を示した(表4)。

4) $\dot{V}O_2\text{max}$ と総合呼吸機能検査値との相関

$\dot{V}O_2\text{max}$ と、FVC、%FVC、FEV_{1.0}、FEV_{1.0}%、MVV、%MVV、DLco、%DLco との相関をみたところ、表5に示したように、FEV_{1.0}の0.67を最高に、%FVCの0.20までの相関係数が得られ、FVC、FEV_{1.0}、MVV、DLcoで0.6以上の良好な相関が認められた(表5)。

$\dot{V}O_2\text{max}$ とDLco、 $\dot{V}O_2\text{max}$ とFEV_{1.0}の関係を図4、図5に示した(図4、図5)。

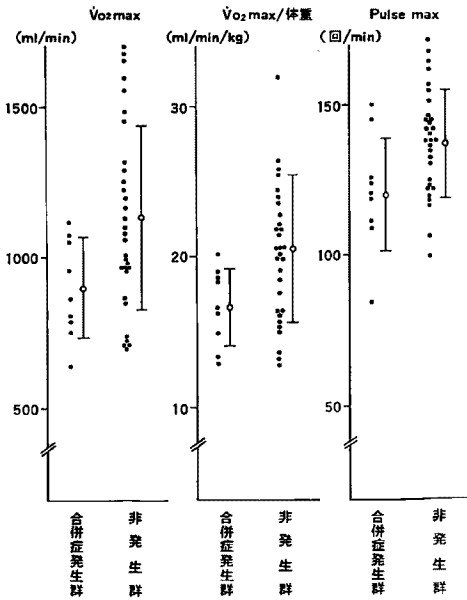


図3 運動負荷試験にて有意差の認められたパラメーターの実測値

表3 運動負荷前後の血液ガスの変動

運動負荷		合計	合併症発症群	非発症群
PaO ₂ (mm Hg)	前	82.5±12.9	88.8±13.2	81.0±12.8
	後	88.4±11.9	83.0±15.0	89.6±11.2
PaCO ₂ (mm Hg)	前	36.7±3.7	35.4±1.2	37.1±4.0
	後	40.8±6.2	40.6±2.5	40.8±6.8
SaO ₂ (%)	前	96.0±1.7	96.0±1.1	95.9±1.8
	後	96.1±2.1	95.5±2.5	96.2±2.1
HCO ₃ ⁻ (m mol/l)	前	24.4±2.6	22.4±1.3	24.6±2.6
	後	23.3±2.9	24.7±0.3	23.2±3.1

means±S.D.

表4 乳酸値 (mg/dℓ) の変動

	運動負荷前	運動負荷後
合計	11.5±3.2	38.3±14.3
合併症発生群	11.9±1.8	38.4±7.4
非発生群	11.4±3.5	38.2±15.6

表5 VO_{2max}と術前総合呼吸機能検査値との相関

	相関係数
FVC	0.60 (n=40)
% FVC	0.20 (n=40)
FEV _{1.0}	0.67 (n=40)
FEV _{1.0} %	0.30 (n=40)
MVV	0.60 (n=40)
% MVV	0.44 (n=40)
DLCO	0.62 (n=38)
% DLCO	0.29 (n=38)

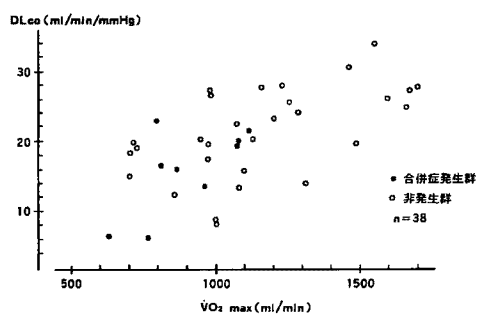
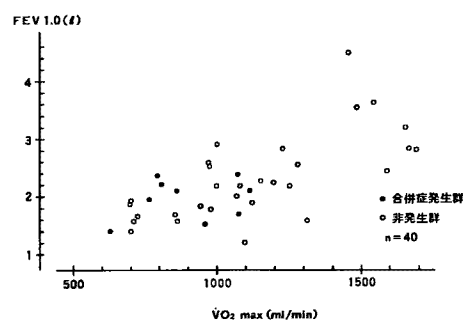
考 察

手術の適応を決定する際に、一般的な検査に加えて、重症疾患、とくに虚血性心疾患の患者では、以前から運動負荷による心機能の検査が導入されているが⁹⁾、呼吸器疾患では、従来総合呼吸機能検査に重点が置かれており、運動負荷試験が注目されるようになったのは、最近のことである。

その主たる理由は、呼吸器外科の発達に伴って、開胸手術の適応の範囲が、従来非適応とされて来た低心肺機能患者や高齢患者にまで拡大されて来たことと、術後の運動能力の予測の必要性からである。

しかし、従来の総合呼吸機能検査に加えて、肺シンチグラフィーからの術後の肺機能予測でも、全て静止時の値で、術後の予備力、即ち社会生活適応の限界の予測については、運動負荷試験の導入が不可欠であるばかりでなく、術後の予期しない心肺合併症発生の予測にも役立つことが期待される。

運動負荷の方法としては、階段昇降、トレッドミル法、自転車エルゴメーター法の3者が主

図4 VO_{2max}とDLcoとの関係図5 VO_{2max}とFEV_{1.0}との関係

に用いられているが、その中で、トレッドミル法は、歩行という運動方法の慣れと、測定項目の自由な選択が可能のために、従来もっとも一般的に用いられて来た。

しかし、階段昇降やトレッドミル法は、患者が負荷に耐えきれなくなった時、あるいは急に止った時、転倒する危険があるのに対して、自転車エルゴメーター法は、患者が急に運動を中止して、ペダルを踏むことを止めても、全く危険がないことから、検査者にとっては、安心して患者の許容限度一杯まで検査を施行出来るという利点がある。

また、自転車エルゴメーター法は、トレッドミル法と比較して、運動負荷の点で両者間にきほどの優劣の差はないとされている¹⁰⁾¹¹⁾。

Jonesら¹²⁾は、自転車エルゴメーターによる正常者の検査基準を作ったが、本邦でも広川ら¹³⁾は、自転車エルゴメーターを用いて、 $\dot{V}O_2 - \dot{V}E$ の反応を指標とする運動負荷試験によって、術前状

態の評価を試み、 $\dot{V}O_2 - \dot{V}E$ 応答曲線は、循環予備力の指標となり、健康人との比較により、予備力の評価が出来るとし、荒木ら¹⁴⁾は、呼吸不全重症度からみた安静時及び運動負荷時の肺循環障害、組織 hypoxia と酸素効果の検討を行って、 PaO_2 レベルによって分けた2群で比較しており、Colman ら¹⁵⁾は、術前の運動負荷試験と、 $FEV_{1.0}$ 、VC の成績が、術後合併症の予測に重要であると述べている。

今回、40例の肺切除術施行患者について、術前に心電図モニター下で、自転車エルゴメーターを用いて、10分間の安静の後、0、30、60、90watts と、3分毎に段階的負荷を、symptom limited まで行って、この間に自動呼気ガス分析器により、1分毎に $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}CO_2$ 、 $\dot{V}E$ 、呼吸数を測定し、同時に橈骨動脈より運動負荷前後の血液ガス、乳酸値の測定及び血圧モニターを行うことによって、手術後の心肺合併症の発生の有無についての予測が可能な指標となるパラメーターの検討を行ってみた。

その結果、年齢、身長、体重、FVC、% FVC、 $FEV_{1.0}$ 、 $FEV_{1.0\%}$ 、MVV、% MVV、DLco、% DLco、Hb について、合併症発生群と非発生群に分けて比較したところ、 $P < 0.05$ で両群間に有意の差が認められたのは、% FVC、DLco、% DLco の3項目であった。

それらの個々については、図2に見られるように、% FVC は、非発生群には100%以上のものが31例中13例(41.9%)あったのに対し、合併症発生群では、すべてが100%以下であった。

しかし、非発生群でも、18例(58.1%)は、100%以下で、この成績だけでは合併症発生の有無を予測することは困難と思われた。

この点について、原ら¹⁶⁾は、術前% VC、 $FEV_{1.0}$ 、 \dot{V}_{25} ならびに PaO_2 と術後呼吸困難との関連はなかったと報告しており、また、Keagy ら¹⁷⁾も術前の% VC、 $FEV_{1.0\%}$ は、術後の臨床経過との相関は見出せないと述べている。

% DLco では、合併症発生群の中に、例外的に100%を超えるものが9例中2例あったが、その他の7例はすべて80%以下であったのに対して、非発生群では、80%以下の患者は、31例中6例(19.4%)に過ぎず、合併症発生の予測に、

幾らか参考になるかも知れないと思われた。

DLco では、両群の重なりが大部分を占めることから、術前に合併症発生の予測はできないものと思われた。

運動負荷時の $\dot{V}O_2 \max$ 、 $\dot{V}O_2 \max / \text{体重}$ 、 $\dot{V}CO_2 \max$ 、 $\dot{V}E \max$ 、 $\dot{V}O_2 \max / \dot{V}E \max$ 、Pulse max の検査結果から、合併症発生群と、非発生群との間に有意差を認めたのは、図3に示したように $\dot{V}O_2 \max$ 、 $\dot{V}O_2 \max / \text{体重}$ 、Pulse max の3項目であった。

$\dot{V}O_2 \max$ は、合併症発生群では、最大でも1114 ml/min で、他の8例はすべて1100ml/min 未満であったのに対し、非発生群では、1100ml/min 未満は31例中17例(55%)であり、1100ml/min を境にして、それ未満では25例中8例(32%)の合併症発生があったのに対し、1100ml/min 以上では15例中1例(7%)に過ぎず、自転車エルゴメーターによる $\dot{V}O_2 \max$ の値が1100ml/min 以上か否かで、術後合併症発生の予測指標として、有効な検査項目であると考えられた。

$\dot{V}O_2 \max / \text{体重}$ は、Smith ら⁷⁾が、20ml/min/kg 未満の時、術後合併症が多発したと述べており、今回の結果からも合併症発生群は、1例を除きすべて20ml/min/kg 未満であったのに対し、非発生群では、31例中15例(48%)であり、20ml/min/kg を境として、それ未満では23例中8例(35%)の合併症発生があったが、20ml/min/kg 以上では17例中1例(6%)にしか合併症はみられず同様の結果が得られた。

Pulse max は、統計的には非発生群の方が高い数値を示したが、症例数からみれば、両群間にさほどの差は認められなかった。

$\dot{V}O_2 \max$ は、身体作業能のもっともよい尺度であり、心肺両方の機能を反映して、段階的運動負荷テストの限界として、決定的な基準とされているが¹⁸⁾、心肺機能低下状態では、真の $\dot{V}O_2 \max$ に達することは難かしく、被検者が出来る最大のレベルを示すと考えられており、肺活量、全肺気量、ヘモグロビン量、血液量、心臓容積、筋肉量などによって左右されると同時に、最大換気量、肺拡散能、心拍出量、組織拡散能などの機能の良否で変動する¹⁹⁾。

また、 $\dot{V}O_2 \max$ は、日本人成人男子で、平均

約300ml/min, 女子はその30%減であると言われていた²⁰⁾, この値が, 1100ml/min と, 成人男子の約1/3, 成人女子の約1/2以下に低下している場合には, 明らかに心肺機能の予備力が著しく低下していることから, 術後の合併症を起し易い状態であることは明らかであり, 肺切除予定の患者の $\dot{V}O_2\max$ が1100ml/min 未満の場合には, 事前に対策を講ずる必要があることを示唆するものといえるであろう。

運動負荷前後の PaO_2 は, 合併症発生群では, 88.8 ± 13.2 mm Hg が 83.0 ± 15.0 mm Hg に, 非発生群では, 81.0 ± 21.8 mm Hg が 89.6 ± 11.2 mm Hg となって, 両者が逆の傾向を示すようにみえるが, 症例ごとに検討すると, 合併症発生群, 非発生群とも増加又は減少するものがあって, 一定の傾向を示すとはいえないものと考えられた。

$PaCO_2$ は合併症発生群, 非発生群とも運動負荷前に比して, 負荷後にはやや増加する値を得たが, 大部分のものは負荷の前後で著しい差異はなく, 増加の著しい症例の存在及び検査前の緊張による過換気等が作用して, このような統計値が得られたものと思われた。

SaO_2 及び HCO_3^- は, 負荷の前後でほとんど差異は認められなかった。

血液ガス分析は, 個々の症例を検討する上では非常に重要なものではあるが, 術後合併症発生の有無に関してスクリーニング的に利用するパラメーターとなるものはないと思われた。

乳酸値は, 合併症発生群, 非発生群とも, 運動負荷の前後で, 約3倍の増加がみられ, 両群が同程度の運動負荷が課せられていたことを示していた。

$\dot{V}O_2\max$ と, 術前総合呼吸機能検査との相関は, $FEV_{1.0}$ で0.67, $DLco$ で0.62, FVC と MVV はともに0.60で, 両者間にかなりの相関を認め

たが, $\dot{V}O_2\max$ の特性から考えると, この程度の相関はあってよいと思われた。

術前 $DLco$ と $\dot{V}O_2\max$, $FEV_{1.0}$ と $\dot{V}O_2\max$ の関係を図4, 図5に示したが, $\dot{V}O_2\max$ 1100 ml/min, $DLco$ 20ml/min/mm Hg, $FEV_{1.0}$ 2.4 l 未満の症例に合併症が多くみられ, $\dot{V}O_2\max$ と他のパラメーターとの組み合わせにより合併症発生予測ができる可能性が示唆された。

結 論

1. 肺切除術施行患者40例のうち, 術後の心肺合併症を来たしたものの9例, 合併症のなかったものの31例について, 術前検査の1つとして, 自転車エルゴメーターによる運動負荷試験を行なった。
2. 測定項目として, 運動負荷中の $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, $\dot{V}E$ などの呼気ガス分析と, 負荷前後の血液ガス及び乳酸値の変動を測定した。
3. 運動負荷試験の結果, 合併症発生群と, 非発生群の間で顕著な差が認められたパラメーターとして, $\dot{V}O_2\max$ 値と, $\dot{V}O_2\max$ /体重があげられた。
4. 自転車エルゴメーターによる運動負荷時の $\dot{V}O_2\max$ 値1100ml/min 及び $\dot{V}O_2\max$ /体重値20ml/min/kgを境として, それ未満の値を示す患者は, 術後心肺合併症を来たす危険性が高いものと考えられた。

稿を終るに臨み, 御指導, 御校閲を賜った, 岡山大学第2外科教室, 寺本滋教授に厚く御礼申し上げます。なお, 直接御指導, 御助言を頂いた, 教室の清水信義講師, 金藤悟先生, 安藤陽夫先生に深謝します。

本論文の要旨は, 昭和62年4月第27回日本胸部疾患学会総会(東京)で発表した。

文 献

- 1) 山村秀夫, 仲田 祐: 術前術後の合併症マニュアル 第5巻: 肺・気管支・縦隔: 日本メディカルセンター, 東京 (1983) pp40-43.
- 2) Ali MK, Mountain CF, Ewer MS, Johnston D and Haynie TP: Predicting loss of pulmonary function after pulmonary resection for bronchogenic carcinoma. Chest (1980) 77, 337-342.
- 3) 金田正徳, 竹内義広, 坂井 隆, 並河尚二, 湯浅 浩, 草川 實: 肺癌における手術による肺機能損失の術

- 前予測についての検討, 日胸疾会誌 (1984) **22**, 468—473.
- 4) 小西 洋: 肺癌患者における定量的肺シンチグラフィによる術後呼吸機能の予測. 日胸外会誌(1982) **30**, 1784—1794.
 - 5) 原 史人: 肺シンチグラフィの側面処理像による肺癌患者の肺葉切除術後呼吸機能予測. 日胸外会誌 (1985) **33**, 889—895.
 - 6) Reichel J: Assessment of operative risk of pneumonectomy. *Chest* (1972) **62**, 570—575.
 - 7) Smith TP, Kinasewitz GT, Tucker WY, Spillers WP and George RB: Exercise capacity as a predictor of post-thoracotomy morbidity. *Am Rev Respir Dis* (1984) **129**, 730—734.
 - 8) 林 麻美: 運動負荷試験を用いた術前後の呼吸機能の評価. 日胸疾会誌 (1986) **24**, 392—402.
 - 9) 春見建一: 循環器負荷試験 歴史; 循環器負荷試験法, 水野 康, 福田市蔵編, 診断と治療社, 東京(1981) pp 1—21.
 - 10) Fairshier RD, Walters J, Salness K, Fox M, Minh VD and Wilson AF: A comparison of incremental exercise tests during cycle and treadmill ergometry. *Med Sci in Sports Exercise* (1983) **15**, 549—554.
 - 11) 藤田良範: Ergometer test; 循環器負荷試験法, 水野 康, 福田市蔵編 診断と治療社, 東京(1981) pp155—171.
 - 12) Johnes NL, Makiides L, Hitchcock C, Chypchar T and Maccartney N: Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Respir Dis* (1985) **131**, 700—708.
 - 13) 廣川美代子, 平石禎子, 諏訪邦夫, 縮田 豊, 西 功: 術前状態評価法としての運動負荷試験(2) $\dot{V}O_2$ - $\dot{V}E$ の反応を指標として. 麻酔 (1985) **34**, 1237—1244.
 - 14) 荒木良彦, 澤田雅光, 坂口和成, 工藤新三, 小幡泰憲, 縮荷場ひろみ: 呼吸不全の重症度よりみた, 安静時および運動負荷時の肺循環障害, 組織 hypoxia と酸素効果の検討. 呼吸と循環 (1986) **34**, 763—769.
 - 15) Colman NC, Schraufnagel DE, Rivingston RN and Pardy RL: Exercise testing in evaluation of patients for lung resection. *Am Rev Respir Dis* (1982) **125**, 604—606.
 - 16) 原 信之, 太田満夫, 古川次男, 吉田猛朗, 井口 潔: 肺癌手術症例の術後呼吸困難に及ぼす術前, 術後因子の検討. 肺癌 (1982) **22**, 441—448.
 - 17) Keagy BA, Schorlemmer GR, Murray GF, Starek PJK and Wilcox BR: Correlation of preoperative pulmonary function testing with clinical course in patients after pneumonectomy. *Ann Thorac Surg* (1983) **36**, 253—257.
 - 18) Mitchell JH and Blomquist G: Maximal oxygen uptake. *N Engl J Med* (1971) **284**, 1018—1022.
 - 19) Wasserman K & Whipp BJ: Exercise physiology in health and disease. *Am Rev Resp Dis* (1975) **112**, 219—249.
 - 20) 野間惟道編: 医科学大辞典 17巻, 222 講談社, 東京 (1982).

**Exercise tolerance test with a bicycle ergometer
for estimation of cardiopulmonary reserve
in patients prior to pulmonary resection
— Comparison between groups with and without
postoperative cardiopulmonary complications —**

Hideharu NAKANO

**Second Department of Surgery, Okayama University Medical School,
Okayama 700, Japan**

(Director : Prof. S. Teramoto)

An exercise tolerance test with a bicycle ergometer was carried out in 40 patients prior to pulmonary resection. During the test, expiratory gas was analyzed, and the alterations in the blood gas level and lactic acid value were studied. Nine patients had postoperative cardiopulmonary complications, and 31 had no postoperative complications.

It was found that both $\dot{V}O_2$ max and $\dot{V}O_2$ max/body weight were good parameters for indicating significant differences between patients with and patients without postoperative complications. Patients with a $\dot{V}O_2$ max value less than 1100 ml/min and/or $\dot{V}O_2$ max/body weight below 20 ml/min/kg after an exercise tolerance test with a bicycle ergometer have a high risk of developing postoperative cardiopulmonary complications.