

肺葉切除が両心室機能に及ぼす影響：両下肢挙上による前負荷増大法を用いた心エコードップラー法による検討

Different Responses of Right and Left Ventricular Diastolic Function to Pulmonary Resection: Echocardiographic Study With Leg Elevation for Preload Augmentation

高木 昭^{*1}

Akira TAKAKI, MD^{*1}

杉 和郎^{*2}

Kazuro SUGI, MD^{*2}

佐野 隆信^{*3}

Takanobu SANO, MD^{*3}

田中 伸明^{*4}

Nobuaki TANAKA, MD^{*4}

松崎 益徳^{*5}

Masunori MATSUZAKI, MD, FJCC^{*5}

Abstract

Objectives. The effects of pulmonary resection on cardiac function have not been well characterized. This study used Doppler echocardiography to evaluate preoperative and postoperative right and left ventricular function with preload augmentation by elevation of the legs.

Methods. Twenty-one patients (12 males, 9 females, mean age 64 ± 11 years) undergoing pulmonary resection for lung cancer underwent concurrent examination of cardiac and pulmonary function at 1 week preoperation and 4 weeks postoperation. Cardiac function of right and left ventricles was assessed by Doppler echocardiography to record waveforms of transtricuspid flow and transmitral flow. Assessment was made in the supine position and with leg elevation 60° to apply preload augmentation. We measured the interval between cessation and onset of transaortic flow, ventricular ejection time and Tei index as an index of global ventricular function. Peak velocity of early filling (E) and atrial contraction (A) were measured from the transtricuspid and transmitral flows to calculate E/A of the right and left ventricles (ER/AR , EL/AL). Pulmonary function tests yielded the forced vital capacity expressed as the ratio to the predicted value as an index for the pulmonary vascular bed area.

Results. The postoperative cardiac function without preload augmentation was comparable to the preoperation function. With preload augmentation, the postoperative ER/AR was less than preoperation in the patients with postoperative forced vital capacity $\leq 80\%$ of the preoperation value. There was a significant correlation between the postoperation versus preoperation ratio of ER/AR and of forced vital capacity ($r = 0.66$, $p = 0.0028$) and ratio of right ventricular Tei index and of forced vital capacity ($r = 0.61$, $p = 0.0034$). There was a possibility that right ventricular Tei index indirectly indicated the state of pulmonary vascular bed area.

Conclusions. The right ventricular Tei index is useful to estimate preoperation and postoperation global right ventricular function. No close relationship between ER/AR and EL/AL at preoperation ($r = 0.70$, $p = 0.0004$) was found in the patients with postoperative right ventricular Tei index > 0.1 greater than at preoperation. Pulmonary resection might affect the diastolic function of the right ventricle more than the left ventricle, possibly because of reduced compliance of the right ventricle indicated by an increased atrial contraction at postoperation with preload augmentation.

J Cardiol 2000; 36(4): 241-249

Key Words

Pulmonary function (resection)

Stress echocardiography (preload augmentation)

国立療養所山陽病院 循環器科, ^{*2}臨床研究部, ^{*3}麻酔科: 〒755-0241 山口県宇部市東岐波 685; ^{*4}山口大学医学部附属病院 検査部, ^{*}(現)^{*5}第二内科: 〒755-8505 山口県宇部市南小串 1-1-1

Departments of Cardiology, ^{*2}Clinical Research, and ^{*3}Anesthesia, National Sanyo Hospital, Yamaguchi; ^{*4}Department of Clinical Laboratory, ^{*}(present)^{*5}The Second Department of Internal Medicine, Yamaguchi University School of Medicine, Yamaguchi

Address for reprints: TAKAKI A, MD, The Second Department of Internal Medicine, Yamaguchi University School of Medicine, Minamikogushi 1-1-1, Ube, Yamaguchi 755-8505

Manuscript received February 7, 2000; revised April 19 and May 31, 2000; accepted June 1, 2000

はじめに

高齢者社会の到来により肺癌の手術年齢も高齢化しており、術後の合併症を予防することが重要になってきている¹⁾。肺葉切除は術後の肺血管床の減少をもたらすことにより、右室にとっての後負荷増大となり、右心不全の原因となる場合もある。しかし、肺血管床の減少が少なければ肺葉切除前後の変化はわずかであるので、右心機能には見かけ上の変化が認められない場合もありうる。そこで、右心系の潜在的な機能不全を検知するために、両下肢拳上による前負荷増大法を使用し、肺葉切除前後における右心機能の変化を心エコードップラー法により評価したので、若干の考察を加えて報告する。また、肺葉切除の両心室拡張機能に与える影響および肺葉切除前後の前負荷増大に対する両心室の応答の違いについても併せて検討した。

対象と方法

対象は1998年11月・1999年10月に当院において肺葉切除を施行した21例(男性12例、女性9例、平均年齢 64 ± 11 歳、切除部位は右上葉5例、右下葉5例、左上葉5例、左下葉6例、疾患は全例肺癌)である。この中には重篤な閉塞性肺疾患、陳旧性心筋梗塞、弁膜症などの心疾患は含まれていない。

両心室機能の評価は術前約1週間と術後約4週間の時期に、心エコードップラー法により行った。超音波診断装置はアロカ製SSD-5500を、探触子は3.5ないしは2.5MHzを使用した。等容収縮期と等容拡張期の和の時間を心室駆出時間で除したTei indexを左右心室の総合的な心機能の指標に使用した(Fig. 1)。また両心室拡張機能の指標として三尖弁血流速度波形、僧帽弁血流速度波形のそれぞれの急速流入期最大速度を E_R 、 E_L 、それぞれの心房収縮期最大速度を A_R 、 A_L とし、 E_R/A_R 、 E_L/A_L を算出した(Fig. 1)。またサンプルボリュームは三尖弁尖および僧房弁尖の先端部に置き、呼吸の影響を最小限にするために、計測は終末呼吸停止時に行った。これらの指標を安静時と受動的両下肢60°拳上の前負荷増大時(以下、負荷時)において記録した。受動的な下肢拳上3分後より三尖弁血流速度波形、僧帽弁血流速度波形の順に計測を開始した。また肺血管床の程度を示す指標として努力性肺活量を使用した。努力性肺活量の測定も術前後の心エコー図法施行時と

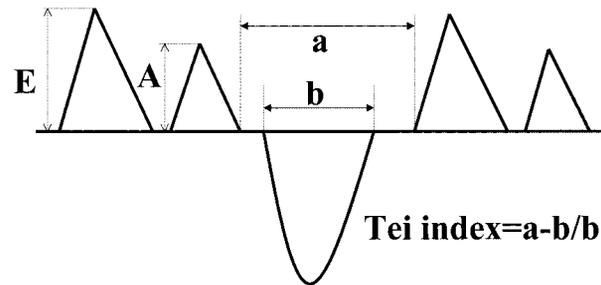


Fig. 1 Schematic drawing of transatrioventricular Doppler flow

Filling pattern is characterized by 2 filling waves. The early filling(E) wave begins with mitral or tricuspid valve opening followed by the atrial contraction(A) wave.

E = peak rapid filling of flow velocity; A = peak atrial flow velocity; a = the interval between cessation and onset of transatrioventricular inflow; b = ventricular ejection time.

ほぼ同時期に行った。

測定結果は平均 \pm 標準偏差で表示し、統計処理はStudentの t 検定で行い、 $p < 0.05$ を有意差の判定とした。また2変数の相関は単回帰分析を使用した。

結 果

術前後の安静時の記録では、両心室拡張機能の指標では有意な変化は認められなかった(Table 1)。

1. 術前負荷時の三尖弁血流速度波形、僧帽弁血流速度波形の変化

E_R は有意に増大し(0.39 ± 0.09 → 0.42 ± 0.09 m/sec, $p = 0.0023$), A_R には変化なく、 E_R/A_R は有意に増大した(1.05 ± 0.36 → 1.17 ± 0.37 , $p = 0.0029$)。同様に E_L も有意に増大した(0.47 ± 0.09 → 0.56 ± 0.12 m/sec, $p < 0.0001$)が、 A_L には変化なく、 E_L/A_L は有意に増大した(0.85 ± 0.27 → 0.94 ± 0.28 , $p = 0.0021$; Table 2)。

2. 術後負荷時の三尖弁血流速度波形、僧帽弁血流速度波形の変化

E_R 、 A_R 、 E_R/A_R ともに有意な変化は認められなかった。同様に E_L 、 A_L 、 E_L/A_L にも有意な変化は認められなかった(Table 2)。しかし、努力性肺活量が術前の80%以下に低下した群(14例)では、 E_R/A_R は有意に低下した(1.12 ± 0.38 → 0.86 ± 0.27 , $p = 0.0031$)。また E_L/A_L には有意な変化は認められなかった(Table 3)。

Table 1 Preoperative and postoperative right and left ventricular function parameters obtained from pulsed Doppler echocardiography and pulmonary function parameters derived from the pulmonary function test

	Before operation	After operation	<i>p</i> value
ER(m/sec)	0.39 ± 0.09	0.39 ± 0.11	NS
AR(m/sec)	0.39 ± 0.10	0.44 ± 0.13	NS
EL(m/sec)	0.47 ± 0.09	0.47 ± 0.12	NS
AL(m/sec)	0.59 ± 0.16	0.60 ± 0.16	NS
ER/AR	1.05 ± 0.36	0.92 ± 0.28	NS
EL/AL	0.85 ± 0.27	0.86 ± 0.40	NS
HR(beats/min)	69 ± 6	76 ± 13	0.005
LVEF	0.69 ± 0.06	0.68 ± 0.05	NS
FVC(l)	3.05 ± 0.86	2.30 ± 0.76	< 0.0001
RV Tei index	0.22 ± 0.05	0.32 ± 0.06	< 0.0001
LV Tei index	0.35 ± 0.12	0.36 ± 0.10	NS

Values are mean ± SD.

ER = peak rapid filling of transtricuspid flow ; AR = peak atrial flow velocity of transtricuspid flow ; EL = peak rapid filling of transmitral flow ; AL = peak atrial flow velocity of transmitral flow ; HR = heart rate ; LVEF = left ventricular ejection fraction ; FVC = forced vital capacity ; RV = right ventricular(ventricle) ; LV = left ventricular (ventricle) ; RV(LV)Tei index = index for global systolic and diastolic myocardial performance of RV(LV)

Table 2 Parameters of preoperative and postoperative transtricuspid and transmitral flows at rest and during preload augmentation

	Control	Preload augmentation	<i>p</i> value
Preoperative			
ER(m/sec)	0.39 ± 0.09	0.42 ± 0.09	0.0023
AR(m/sec)	0.39 ± 0.10	0.38 ± 0.10	NS
EL(m/sec)	0.47 ± 0.09	0.56 ± 0.12	< 0.0001
AL(m/sec)	0.59 ± 0.16	0.62 ± 0.17	NS
ER/AR	1.05 ± 0.36	1.17 ± 0.37	0.0029
EL/AL	0.85 ± 0.27	0.94 ± 0.28	0.0021
Postoperative			
ER(m/sec)	0.39 ± 0.11	0.38 ± 0.11	NS
AR(m/sec)	0.44 ± 0.13	0.46 ± 0.08	NS
EL(m/sec)	0.47 ± 0.12	0.50 ± 0.12	NS
AL(m/sec)	0.60 ± 0.16	0.63 ± 0.17	NS
ER/AR	0.92 ± 0.28	0.93 ± 0.35	NS
EL/AL	0.86 ± 0.40	0.83 ± 0.31	NS

Values are mean ± SD.

Abbreviations as in Table 1.

術前後における前負荷増大に対する三尖弁血流速波形および僧帽弁血流速波形の代表的波形の変化を Fig. 2 に示す.

3. 術前後の Tei index の変化 (Table 1)

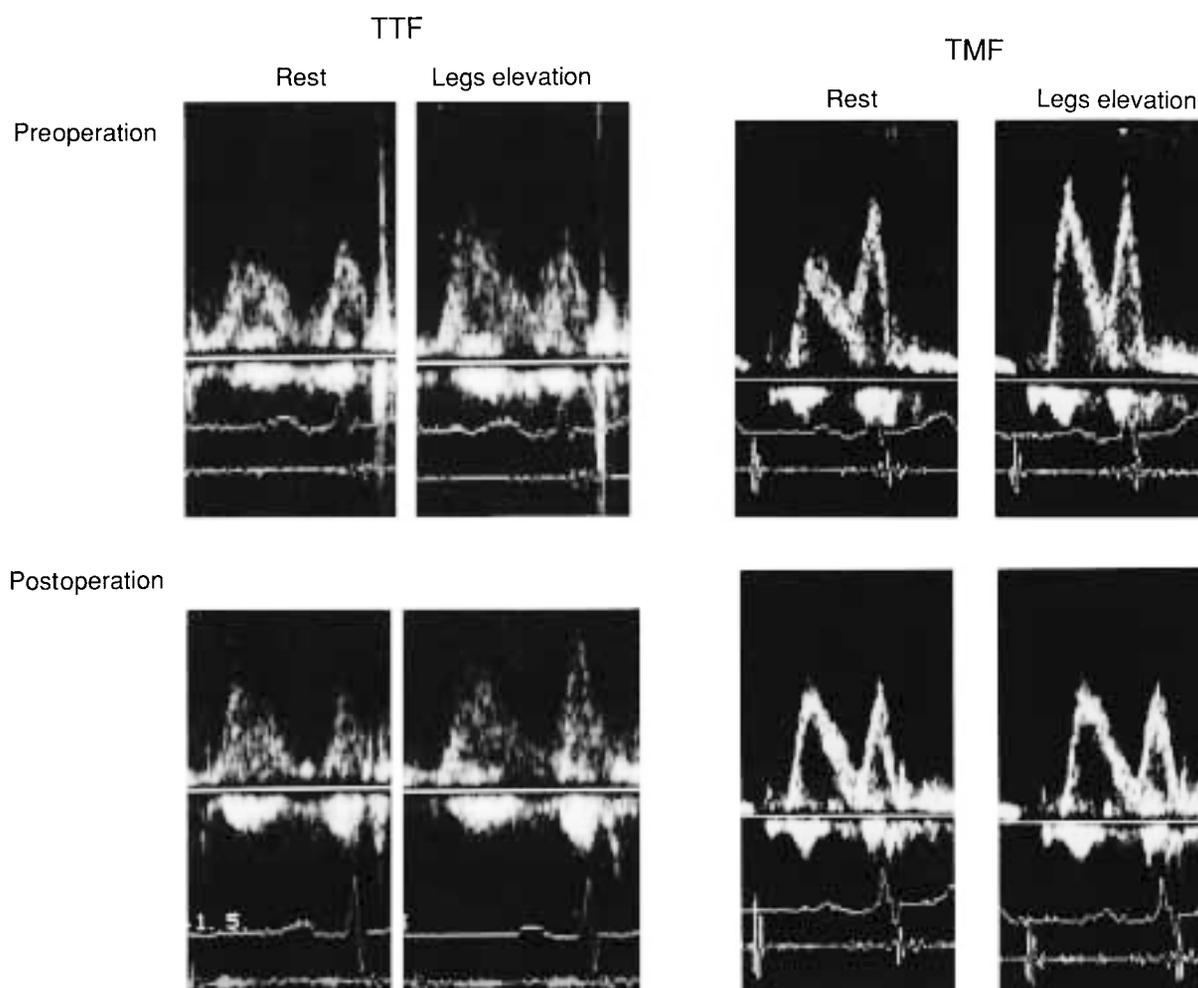
術前に比べて術後の右室 Tei index は有意に延長した(0.22 ± 0.05 → 0.32 ± 0.06 , *p* < 0.0001)が、左室 Tei index には有意な変化は認められなかった。また術前後の右室 Tei index の変化率と努力性肺活量の変化率

Table 3 Parameters of the patients with postoperative forced vital capacity $\leq 80\%$ of the preoperation value

	Before operation	After operation	<i>p</i> value
ER(m/sec)	0.42 \pm 0.09	0.38 \pm 0.11	NS
AR(m/sec)	0.39 \pm 0.11	0.45 \pm 0.12	NS
EL(m/sec)	0.49 \pm 0.09	0.49 \pm 0.12	NS
AL(m/sec)	0.57 \pm 0.14	0.61 \pm 0.16	NS
ER/AR	1.12 \pm 0.38	0.86 \pm 0.27	0.0031
EL/AL	0.90 \pm 0.26	0.89 \pm 0.45	NS
HR(beats/min)	70 \pm 6	78 \pm 13	0.001
LVEF	0.70 \pm 0.06	0.68 \pm 0.06	NS
FVC(l)	3.01 \pm 0.99	2.10 \pm 0.77	< 0.0001
RV Tei index	0.21 \pm 0.05	0.31 \pm 0.07	< 0.0001
LV Tei index	0.35 \pm 0.10	0.36 \pm 0.09	NS

Values are mean \pm SD.

Abbreviations as in Table 1.

**Fig. 2** Typical transtricuspid and transmitral flow pattern at rest and during preload augmentation in the preoperative and postoperative periods
TTF = transtricuspid flow; TMF = transmitral flow.

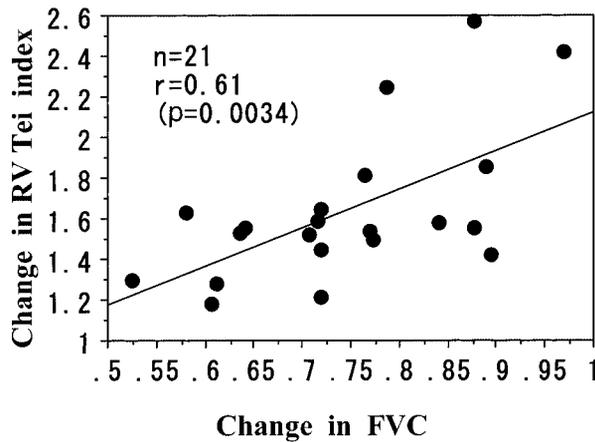


Fig. 3 Relationship between change in right ventricular Tei index and change in forced vital capacity before and after pulmonary resection
The value is expressed as the ratio between the preoperative and postoperative periods.
Abbreviations as in Table 1.

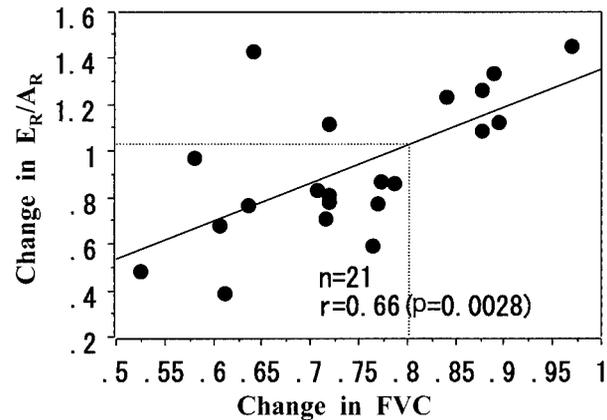


Fig. 4 Relationship between change in ER/AR and change in forced vital capacity before and after pulmonary resection
The value is expressed as the ratio between the preoperative and postoperative periods.
Abbreviations as in Table 1.

は正の相関関係を示した($r = 0.61, p = 0.0034$; Fig. 3).

4. 術前後の努力性肺活量の変化 (Table 1)

努力性肺活量は有意に減少した(3.05 ± 0.86 2.30 ± 0.76 $l, p < 0.0001$). 術前後の ER/AR の変化率と努力性肺活量との変化率は正の相関関係を示した($r = 0.66, p = 0.0028$; Fig. 4).

5. 前負荷増大に対する両心室拡張機能応答の違い

術前においては ER/AR と EL/AL は安静時($r = 0.82, p < 0.0001$)および負荷時($r = 0.70, p = 0.0004$)ともに良好な正の相関関係を示した(Fig. 5). しかし、術後この関係はやや粗となり($r = 0.68, p = 0.0007$), 負荷時にはさらに粗となった($r = 0.57, p = 0.008$; Fig. 6). また術前後でTei indexが0.10以上延長した群においては、術負荷後に ER/AR と EL/AL は相関関係を認めなかった.

考 案

高齢者では若年者に比べて肺葉切除術後に過剰な輸液(前負荷増大の病態)によって心不全を惹起することがまれではない。肺葉切除は肺血管床の減少をもたらす、右室にとっては後負荷の増大となり、右心不全の原因となりうる。右心後負荷の要因は肺葉切除術後と

肺全摘除術後では異なり、前者では絶対的肺血管床減少と、術側残存肺の浮腫、肺血管系の収縮、末梢気管支の収縮、肺胞レベルの低酸素、胸水貯留などによる機能的肺血管床の減少との和が右心後負荷の原因であり、後者は絶対的肺血管床減少が原因と報告されている²⁾。実際に、肺葉切除後には右室駆出率が術前に比べてやや低下傾向を示すことも報告されており、その原因は右室後負荷増大による右室収縮末期容積の増加であり、このような症例においては術後合併症が多いといわれている³⁾。

現在まで肺葉切除術前後の右心機能の評価としては、右室駆出率測定用のSwan-Ganzカテーテル挿入による右室収縮能、肺血管抵抗などの評価、心プールシンチグラフィによる評価、術前運動負荷後の右室駆出率の測定による術後合併症の評価などが報告されている⁴⁻⁶⁾。これらは主に右室収縮機能を中心としたものであり、両心室拡張機能、とくに右室拡張機能については十分な検討はなされていない。心エコー図法を用いての報告⁷⁾もあるが、これは術前の右心機能のみを評価したものであり、術前後の比較はなされていない。右室はその特異な形態のため、従来より心エコー図法による収縮機能評価は難しいとされていた。しかし、最近では収縮と拡張機能の総合的指標となるTei indexが右心機能の評価にも応用されている⁸⁾。Tei indexは等容収縮時間と等容拡張時間の和を駆出時間

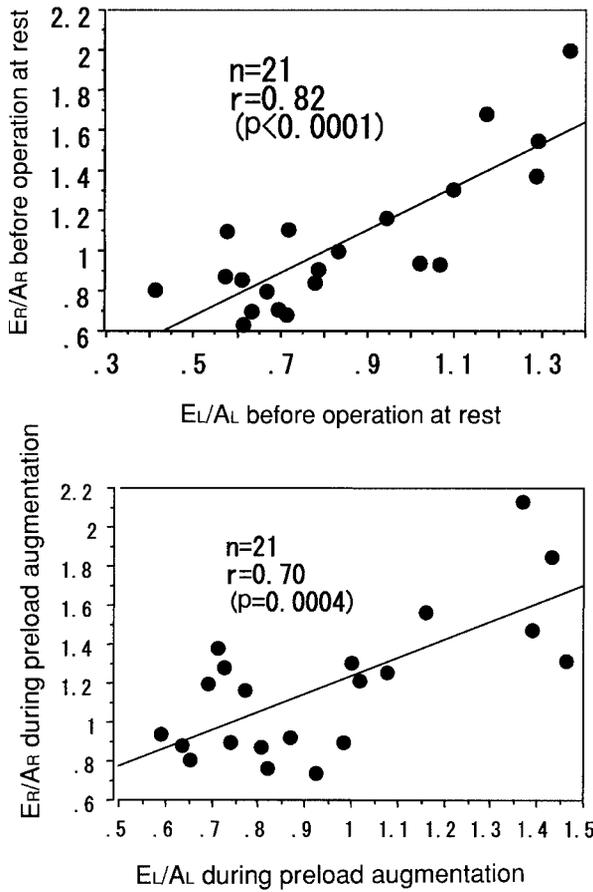


Fig. 5 Relationship between ER/AR and EL/AL before pulmonary resection at rest (upper) and during preload augmentation (lower) Abbreviations as in Table 1.

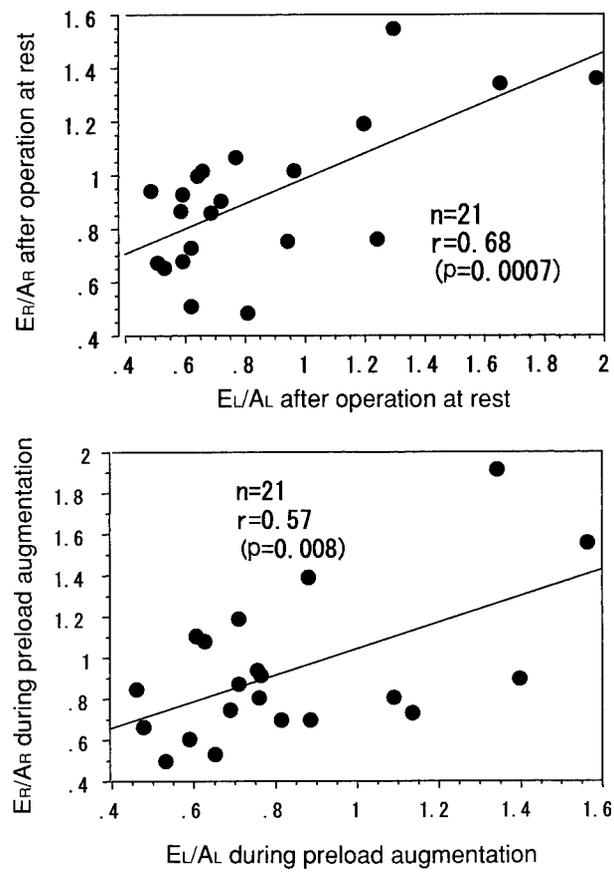


Fig. 6 Relationship between ER/AR and EL/AL after pulmonary resection at rest (upper) and during preload augmentation (lower) Abbreviations as in Table 1.

で除した値であり (Fig. 1), 通常のドップラー検査で簡単に計測可能で, 再現性に優れ, 心拍数, 血圧, 心室の形態に左右されにくいなどの特徴を有する. 今回はこの Tei index と前負荷増大法を使用して, 肺葉切除前後の右心機能の変化を検討した.

術前後の安静時においては右心系, 左心系の拡張機能の指標にはともに有意な変化は認められなかった (Table 1). 過去には肺葉切除だけでも右室の収縮, 拡張機能に変化が生じることが報告されている⁹⁾. これらは右室拡張末期径の増加, 右室駆出率の低下, 術後上室性不整脈の増加を指摘している. これらの報告は術後1週間以内の極早期の右室機能評価であり, まだ患者の血行動態が安定していない時期であったために, 今回の我々の検討とは異なった結果が得られたものと考えられた. 我々が術後右心機能を評価した術後

4週間頃には, Tei index に有意差が出ているが, 拡張機能を示す三尖弁血流速波形の各指標には有意な変化は認められていない. つまり, 肺血管床の減少に対して右室収縮機能の低下のみ認められたことになる. そこで我々は拡張機能の変化をみるために, 両下肢を60° 挙上させ前負荷を増大させて, 三尖弁血流速波形と僧帽弁血流速波形の変化を記録した.

前負荷の増大に対する僧帽弁血流速波形の変化については多くの報告¹⁰⁻¹³⁾がなされているが, 三尖弁血流速波形の変化についての報告は少ない. 前負荷増大時には術前は ER , ER/AR が有意に増大したのに対して, 術後には ER , ER/AR の増大は認められなかった (Table 2). つまり, 術後は術前に比べて右心室への充満の急速流入期の占める比率より心房収縮の比率が大きくなり, 右室拡張機能の低下が示唆された. また術前後

の ER/AR の変化率と努力性肺活量の変化率が正の相関関係 (Fig. 4) を示したことにより、努力性肺活量の変化率が右室の拡張機能低下に影響を及ぼすことが示唆された。そこで術前後で努力性肺活量が80%以上低下した群を肺血管床の減少が大きい群、つまり右室にとって後負荷の増加が大きい群と考え、この群における右室拡張機能について検討した。この群では前負荷増大により術後 AR が増加傾向を示し、 ER/AR は有意に低下していた (Table 3)。つまり、肺血管床の減少が大きいほど右室のコンプライアンスは低下し、この群では安静時においても急速流入期より心房収縮期の比率が大きくなったと考えられた。また術前後における右室の Tei index の変化率と努力性肺活量の変化率が正の相関関係 (Fig. 3) を示したことより、右室の Tei index の変化は肺血管床の減少の程度を反映し、肺手術前後の右心機能の評価に有用であると考えられた。

つぎに前負荷増大に対する両室拡張機能応答の違いについて検討した。術前では ER/AR と EL/AL は安静時、負荷時ともに良好な正の相関関係 (Fig. 5) を示した。しかし、術後にはその関係はやや粗となり、前負荷増大時にはさらに粗 (Fig. 6) となった。とくに術前後において Tei index が0.10以上延長した群では、術負荷後に ER/AR と EL/AL は相関関係を認めなかった。その理由としては、この群においては AR が増加傾向を示したのに対して、 AL はその傾向を認めなかったからである。つまり、下肢挙上前負荷増大時には右室流入動態における右房の関与のほうが左室流入動態における左房の寄与度より大きかったと考えられる。

それでは肺葉切除による肺血管床の減少は、左室機能にとってどのような循環動態の変化をもたらすのであろうか。術後に高度の肺高血圧状態になれば、右室圧が上昇して心室中隔を介して左室に影響を及ぼすことは広く報告されている^{14,15)}。しかし、肺葉切除前の肺機能が正常であれば、術後に肺高血圧状態になることはまれである。肺葉切除後に右室収縮機能の保たれる症例においては、左室にとっての前負荷は不変であり、僧帽弁血流速波形の変化はみられないことが予想される。しかし、右室収縮機能の低下する症例において心拍数の変化がなければ、右心拍出量の低下となり、左室にとって前負荷は減少することになる。今回の検

討においては術後に心拍数の有意な増加が認められ (Table 1)、右室収縮機能低下の代償反応とも考えられた。結果として左室にとっての前負荷は変化していない可能性が示唆された。そのため術負荷後の EL/AL は、 ER/AR に対して術前の反応のように EL の増加のほうが大きく AL の寄与率が少なかったため、 EL/AL と ER/AR の関係が粗になった可能性が考えられた。また肺葉切除後は肺血管床が減少し、肺に貯留される血液量が減少することが考えられる。左室収縮拡張能とも術前と有意な変化を認めなかったことより (Table 1)、術後前負荷増大時には左室流入動態は静脈還流量をそのまま反映し、急速流入波の変化のほうが心房収縮の関与よりも大きかったのかもしれない。

実際の検査においては、高齢者では息止めが難しい場合が多い。そのため少なからず呼吸の影響による静脈還流量の変化が生じている可能性がある。また術後検査日のタイミング、術前患者肺機能の違い、切除部位、切除重量など、右心機能に影響を及ぼすいくつかの因子も考えられ、今後ともさらなる検討が必要と考えられる。

結 語

1) 肺葉切除前後における右心機能の変化および両心室拡張応答の違いを前負荷増大法を利用し、心エコードプラー法により検討した。

2) 術後4週間では右室の代償機能のためと考えられたが、安静時には拡張機能の指標に有意な変化は認められなかった。しかし、前負荷増大時には右房収縮の右室流入動態に対する比率が大きくなり、右室コンプライアンスの低下が示唆された。

3) 右室の Tei index 変化率と努力性肺活量の変化率は正の相関関係を示したことから、 Tei index は肺血管床の減少の程度を反映し、肺手術前後の右心機能の評価に有用であると考えられた。

4) 肺葉切除後の前負荷増大時に対する僧帽弁血流速波形は、右室の Tei index に関係なく術前と変化なかった。しかし術後、右室の Tei index が0.10以上延長した群では、三尖弁血流速波形における心房収縮の寄与率が大きくなり、両心室の拡張応答に違いがみられた。

要 約

目的: 両下肢挙上による前負荷増大法により右室に負荷をかけ、肺葉切除前後における右心機能の変化を心エコードプラー法により評価した。また肺葉切除前後の前負荷増大に対する両心室の拡張応答の違いについても併せて検討した。

方法: 対象は当院において肺葉切除を施行した21例(男性12例, 女性9例, 平均年齢 64 ± 11 歳)であった。総合的な左右心機能の指標として心室等容収縮期と心室等容拡張期の和の時間を心室駆出時間で除したTei indexを, 両心室拡張機能の指標として三尖弁血流速波形, 僧帽弁血流速波形のそれぞれの急速流入期最大速度を E_R , E_L , それぞれの心房収縮期最大速度を A_R , A_L とし, その比 E_R/A_R , E_L/A_L を算出した。これらの指標を安静時と両下肢60°挙上の前負荷増加時(以下, 負荷時)において記録した。また肺血管床の程度を示す指標として努力性肺活量を使用した。努力性肺活量の測定も術前後の心エコー図法施行時とほぼ同時期に行った。

結果: 術後4週間では右室の代償機能が働き, 安静時にはドプラー指標に有意な変化は認められなかった。しかし, 前負荷増大時には右心房の右室流入動態に対する比率が大きくなり, 潜在的な右室拡張性の低下が示唆された。これは術後, 努力性肺活量の低下が($\leq 80\%$)大きいほど強く認められ, 術前後の E_R/A_R の変化率と努力性肺活量の変化率は正の相関関係($r = 0.66$, $p = 0.0028$)を示した。同様に右室のTei indexの変化率と努力性肺活量の変化率は正の相関関係($r = 0.61$, $p = 0.0034$)を示した。

結論: 右室のTei indexは肺血管床の減少の程度を反映し, 肺手術前後の右心機能の評価に有用であると考えられた。また術前負荷時に E_R/A_R と E_L/A_L は正の相関関係($r = 0.70$, $p = 0.0004$)を示したが, 術後にTei indexが0.10以上延長した群において前負荷増大に対して A_R が増加傾向を示したため, E_R/A_R と E_L/A_L の相関関係がなくなり, 両心室の拡張応答に違いがみられた。

J Cardiol 2000; 36(4): 241 - 249

文 献

- 1) Lewis JW Jr, Bastanfar M, Gabriel F, Mascha E: Right heart function and prediction of respiratory morbidity in patients undergoing pneumonectomy with moderately severe cardiopulmonary dysfunction. J Thorac Cardiovasc Surg 1994; **108**: 169 - 175
- 2) 磯上勝彦: 肺葉切除術後, 急性期の手術側肺機能に関する研究. 抗研誌 1989; **41**: 54 - 67
- 3) 櫛田正男, 大石昭雄: 肺癌肺葉切除術及び肺全摘術後の右心機能の検討. 日呼外会誌 1997; **11**: 736 - 744
- 4) Miller JI, Grossman GD, Hatcher CR: Pulmonary function test criteria for operability and pulmonary resection. Surg Obst Gynecol 1981; **153**: 893 - 895
- 5) 小泉 潔, 田中茂夫, 塩田晶彦, 原口秀司, 師田哲郎, 真崎義隆, 井村 肇, 庄司 佑, 川本雅司, 竹田普浩: 肺癌外科治療における右心機能の検討: 術前・術後急性期の右室駆出率の推移. 日胸外会誌 1991; **39**: 1839 - 1838
- 6) Okada M, Ishii N, Yamashita C, Sugimoto T, Okada K, Yamagishi H, Yamashita T, Matsuda H: Right ventricular ejection fraction in the preoperative risk evaluation of candidates for pulmonary resection. J Thorac Cardiovasc Surg 1996; **112**: 364 - 370
- 7) Ono Y, Fukui K, Kuga T, Minakawa M, Takahashi S, Ichinoseki I, Munakata M, Hatanaka R, Narita J, Tsushima T, Fukushima M, Suzuki S: Preoperative evaluation of the right ventricular function using the pulsed Doppler echocardiogram in the patients scheduled for the elective pulmonary resection. Kyobu Geka 1997; **50**: 535 - 539 (in Jpn with Eng abstr)
- 8) Tei C: New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. J Cardiol 1995; **26**: 135 - 136
- 9) Kowalewski J, Brocki M, Dryjanski T, Kapron K, Barcikowski S: Right ventricular morphology and function after pulmonary resection. Eur J Cardiothorac Surg 1999; **15**: 444 - 448
- 10) Takaki A, Katayama K, Sakai H, Tanaka N, Matsuzaki M: Assessment of pulmonary venous and transmitral flow in closed-chest dogs under various loading conditions by transesophageal Doppler echocardiography. Jpn Circ J 1996; **60**: 115 - 123
- 11) Choong CY, Herrmann HC, Weyman AW, Fifer MA: Preload dependence of Doppler-derived indexes of left ventricular diastolic function in humans. J Am Coll Cardiol 1987; **10**: 800 - 808
- 12) Courtois M, Vered Z, Barzilai B, Ricciotti NA, Perez JE, Ludbrook PA: The transmitral pressure-flow velocity relation: Effect of abrupt preload reduction. Circulation 1988; **78**: 1459 - 1468
- 13) Moller JE, Poulsen SH, Egstrup K: Effect of preload alterations on a new Doppler echocardiographic index of combined systolic and diastolic performance. J Am Soc Echocardiogr 1999; **12**: 1065 - 1072
- 14) Vizza CD, Lyncn JP, Ochoa LL, Richardson G, Trulock

J Cardiol 2000; 36: 241 - 249

EP: Right and left ventricular dysfunction in patients with severe pulmonary disease. *Chest* 1998; **113**: 576 - 583
15) Mizushige K, Morita H, Senda S, Matsuo H: Influence of

right ventricular pressure overload on left and right ventricular filling in cor pulmonale assessed with Doppler echocardiography. *Jpn Circ J* 1989; **53**: 1287 - 1296