



主論文

原著

肺切除術前後の心肺動態変化に関する研究
——心プールシンチグラフィーによる右室機能の検討——

牧原 重喜

岡山大学医学部 第二外科学
現 国立山陽荘病院 呼吸器外科

日本呼吸器外科学会雑誌

第10巻第5号別刷（1996年7月15日発行）

肺切除術前後の心肺動態変化に関する研究 —心プールシンチグラフィによる右室機能の検討—

牧原 重喜

要 旨

肺悪性腫瘍症例に対する肺切除術前後の右心機能の推移を心プールシンチグラフィを用いて検討した。術前に比べ術後には右室収縮能の指標は1/3 EF (早期駆出率) が有意に低下し TPE (最大収縮速度到達時間) が有意に延長した。拡張能の指標は1/3 FF (早期充満率) が有意に低下し、TPF (最大充満速度到達時間) が有意に延長した。更に症例を術後活動能力 (PS) 低下群と正常群に分けて検討したところ術後 PS 低下群では術後右室駆出率 (EF) と1/3 EF が術前に比べ有意に低下し明らかな収縮能障害が認められた。術後 PS 低下群と PS 正常群において術前的心プールシンチグラフィの各指標を比較すると術後 PS 低下群では心拍出量 (CO) と右室駆出分画増加率 (%dEF) が PS 正常群に比べ低下していた。また術前肺機能検査より求めた切除指数 (RI)¹⁾も術後 PS 低下群の方が PS 正常群よりも低値で全例0.45未満であった。従って RI が低値の術前症例で CO と %dEF が共に低下している場合、手術侵襲の軽減が必要であると思われる。

索引用語: 肺切除術, 右心機能, 心プールシンチグラフィ, 術後活動能力, 切除指数
pulmonary resection, right ventricular function, cardiac pool scintigraphy, postoperative performance status, resection index

はじめに

肺癌の増加と症例の高齢化に伴い、低心肺機能患者に対する手術適応の決定はますます重要な問題になっている。術来より肺切除術に際しては、総合的呼吸機能検査、肺シンチグラフィなどを用いた術後肺機能予測値が術後心肺不全発生の指標として重視されてきた。しかし、肺機能上耐術であると評価されても術後心肺機能不全に陥る症例も少なくない。このため心機能、特に右心機能の面からの耐術能の検討が重要であると思われる。

一方、肺循環に関しては一側肺動脈閉塞試験

が主に肺摘除例に対して行われ、切除限界に関する検討が数多く報告されている。しかし右心機能に関しては右室の特異な形態のため従来の心エコー法や右心造影法ではその容積変化の正確な計測は困難であり、右室の収縮・拡張機能に関する検討は十分なされていない。そこで本研究では、非観血的に心動態を観察でき、運動負荷による予備能の評価も可能である心プールシンチグラフィを肺悪性腫瘍症例に対する肺切除術前後の右心動態変化の解明に応用した。更に術前の右心機能の指標と術後 Performance Status (以下 PS) との関連を検討し耐術能の判定に応用できるとと思われるいくつかの知見を得たので報告する。

対象と方法

1. 対象

岡山大学医学部 第二外科学
現 国立山陽荘病院 呼吸器外科
原稿受付 1995年12月13日
原稿採択 1996年4月11日

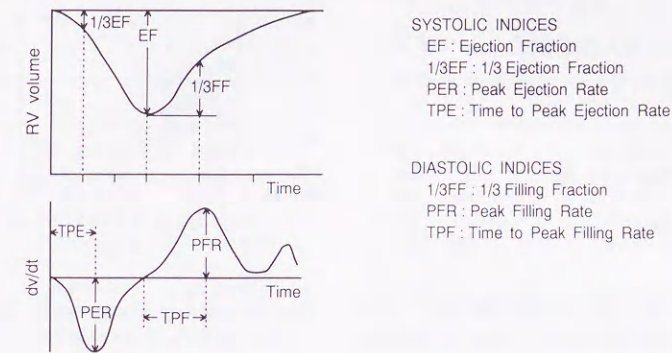


Fig. 1 Time activity curve.
Systolic indices: EF, 1/3 EF, PER, TPE
Diastolic indices: 1/3 FF, PFR, TPF

1990年7月以降、岡山大学第二外科で肺切除術を行った肺悪性腫瘍症例のうち術前後に心プールシンチグラフィを施行した30例を対象とした。

性別は男性23例、女性7例であった。年齢は41~80歳に及び平均64.9±9.9歳であった。疾患は肺癌29例、悪性リンパ腫1例。術式は肺摘除2例、二葉切除4例、一葉切除20例、部分切除4例で平均4.7±2.0区域を切除した。なお、治療を要する心疾患を有する症例は含まれていない。

2. 方法

1) 心プールシンチグラフィ

全症例に対し術前および術後(平均37日)に、心電図同期平衡時心プールシンチグラフィを施行した。使用装置は、低エネルギー汎用型コリメーターを装着したシンチカメラ (Siemens製 ZLC 7500) およびこれとオンラインで接続した核医学処理装置 (島津社製 Scintipac 2400) で、カメラエネルギー条件は、エネルギーレベル140 keV、ウインド幅20%とした。Tc 740 MBqにて in vivo 赤血球標識を行い平衡に達した後、左右心室間および心房心室間の分離が最も良好な modified left anterior oblique (MLAO) 30~45度方向から一心拍を18~24 frame に分割するマルチゲート法により、64×64のマトリックスにてデータ収集を行なった。データ収集時間は安静時5分間、運動負荷時は

最大負荷段階の後半2分間とした。画像処理はすべての収集画像とも9点空間スムージング、3点時間スムージング処理後、分散フィルタおよび中間フィルタ処理を行った。右室関心領域 (ROI) を設定しバックグラウンドを除去した後、ROI内のtime activity curveとその一次微分曲線を求めた。これらより右室駆出率 (EF)、右室早期駆出率 (1/3 EF)、右室早期拡張率 (1/3 FF)、右室最大駆出速度 (PER)、右室最大充満速度 (PFR)、右室最大駆出速度到達時間 (TPE)、右室最大充満速度到達時間 (TPF) をき出した。なお、心拍数の影響を補正するため、PER と PFR は心拍数で、TPE と TPF は R-R 時間で除して標準化した (Fig. 1)¹⁾。また右室容積はカウントペース法にて算出し、体表面積で除して右室拡張末期容積係数 (EDVI) と右室収縮末期容積係数 (ESVI) を求めた²⁾。

運動負荷は、自転車エルゴメーターを用いて25 W から3分毎に25 W ずつ増加する多段階運動負荷で、end point は胸痛、呼吸困難、下肢疲労などの自覚症状出現時とした。

2) 総合的呼吸機能検査

全症例に対し Chest 社製肺機能測定装置 (CHESTAC) により術前呼吸機能検査を施行し、肺活量 (VC)、1秒量 (FEV_{1.0}) を測定した。同時に、術後1秒量予測値/予測肺活量を算出し切除指数 (Resection Index: RI) とした。なお、術後1秒量予測値は術前1秒量×術後残

存肺区域数/術前総肺区域数により求めた。

また各数値は平均値±標準偏差として表記し、t-検定にてP<0.05をもって有意差ありとした。

結 果

1. 右心機能の推移

1) 右室収縮能

安静時右室駆出率 (EF) は術前36.0±7.1%, 術後33.7±7.2%で有意な変化を認めず, 安静時早期駆出率 (1/3 EF) は術前11.2±3.7%から術後9.6±3.7%と有意に低下した (P<0.05). 安静時最大駆出速度 (PER) は術前2.96±0.59 count/sec, 術後2.72±0.71 count/sec で有意な変化は認めず, 安静時最大駆出速度到達時間 (TPE) は術前156±33 msec から術後178±27 msec と有意に延長した (P<0.01)(Fig. 2).

また駆出分画増加率 (%dEF=運動負荷時駆出分画増加量/安静時駆出分画)は術前12.1±20.1%, 術後12.2±16.4%で有意な変化を認めなかった。

2) 右室拡張能

安静時右室早期拡張率 (1/3 FF) は術前49.5±11.7%から術後39.1±9.7%と有意に低下した (P<0.001). 安静時右室最大充満速度 (PFR) は術前1.99±0.50 count/sec, 術後1.80±0.46 count/sec で有意な変化を認めず, 安静時最大充満速度到達時間 (TPF) は術前195±98 msec から術後279±111 msec と有意に延長した (P<0.01)(Fig. 3).

3) 右室容積, 心拍数, 心拍出量 (Table 1)

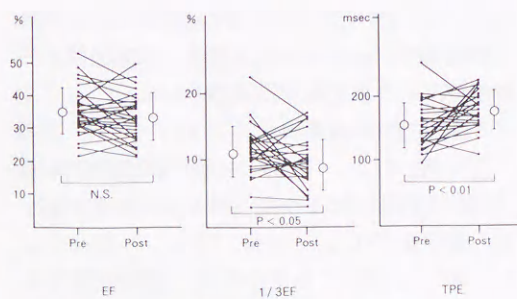


Fig. 2 Pre and postoperative systolic function of right ventricle at rest.

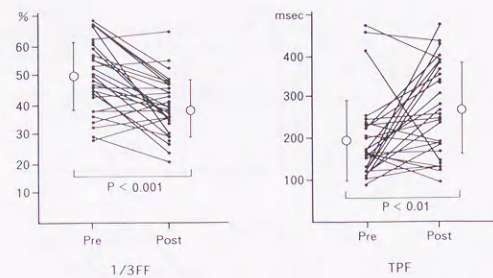


Fig. 3 Pre and postoperative diastolic function of right ventricle at rest.

Table 1 Pre and postoperative right ventricular function.

| | Pre | Post |
|----------------------------|------------|-------------|
| EDVI(ml/m ²) | 102.3±27.4 | 92.2±21.2* |
| ESVI(ml/m ²) | 64.5±19.3 | 60.5±16.6 |
| HR (/min) | 68.9±12.5 | 80.7±14.3** |
| CO (l/min) | 4.42±1.75 | 4.20±1.45 |
| CI (l/min/m ²) | 2.62±0.89 | 2.51±0.80 |

EDVI:end-diastolic volume index,ESVI:end-systolic volume index,HR:heart rate,CO:cardiac output,CI:cardiac index.
Each value represents the mean±SD.(n=30)
Data were analyzed by paired Student's t test.
*P<0.05,**P<0.01

安静時右室拡張末期容積係数 (EDVI) が術前に比べ術後有意に減少した (P<0.05). また安静時心拍数 (HR) が術前に比べ術後有意に増加した (P<0.01).

2. 肺機能の推移

肺活量は術前2.88±0.83 l から術後1.93±0.58 l に減少し, 1秒量は2.00±0.72 l から1.42±0.62 l に減少した。

切除指数 (RI) は0.49±0.14であった。

3. 術後 PS と術前右心機能指標

術後心肺機能の指標として術後慢性期 (平均37日) の活動能力 (PS=Performance Status) を判定し活動能力低下群 (PS≥2, n=5) と正常群 (PS≤1, n=25) の2群に分けて術前の心プールのシンチグラフィの各指標との関係を検討した。

術後 PS 低下群は平均年齢67.6±8.7歳, 平均切除範囲6.2±2.7区域, 一方正常群は各々64.3±10.2歳, 4.4±1.8区域であった (N.S., N.S.). なお, 術前の PS は全例0ないし1であっ

Table 2 Pre and postoperative right ventricular function in the group with decreased performance status after the operation.

| | Pre | Post |
|----------------------------|-------------|-------------|
| EF (%) | 43.2±8.3 | 32.5±9.2* |
| 1/3EF (%) | 15.7±4.3 | 8.9±4.8** |
| PER (count/sec.) | 3.12±0.79 | 2.62±0.56 |
| TPE (msec.) | 144.2±33.8 | 192.4±23.1 |
| %dEF (%) | -11.1±11.9 | 15.6±16.7 |
| 1/3FF (%) | 43.5±15.7 | 33.0±8.4 |
| PFR (count/sec.) | 2.25±0.71 | 1.70±0.27 |
| TPF (msec.) | 240.2±129.4 | 328.6±123.0 |
| EDVI (ml/m ²) | 77.6±19.4 | 82.4±14.3 |
| ESVI (ml/m ²) | 45.4±16.8 | 54.8±15.0 |
| HR (/min.) | 65.8±10.4 | 82.0±20.4 |
| CO (l/min.) | 3.33±0.84 | 3.06±0.82 |
| CI (l/min/m ²) | 2.14±0.56 | 2.04±0.58 |

EF:ejection fraction,PER:peak ejection rate, TPE:time to peak ejection rate,FF:filling fraction,PFR:peak filling rate,TPF:time to peak filling rate,EDVI:end-diastolic volume index,ESVI:end-systolic volume index,HR:heart rate,CO:cardiac output,CI:cardiac index.
Each value represents the mean±SD.(n=5)
Data were analyzed by paired Student's t test.
*p<0.05,**p<0.01

た。

1) 術後 PS 低下群 (Table 2)

術後 PS 低下群においては安静時右室駆出率 (EF) と安静時早期駆出率 (1/3 EF) が術前に比べ術後有意に低下していた (P<0.05, P<0.01).

右室拡張能, 右室容積, 心拍数および心拍出量はいずれも術前後で有意な変化を示さなかった。

2) 術後 PS 正常群 (Table 3)

術後 PS 正常群において, 術前に比べ術後には安静時早期拡張率 (1/3 FF) が有意に低下し (P<0.001), 安静時最大充満速度到達時間 (TPF) および安静時拡張末期容積係数 (EDVI) も有意な変化を示した (P<0.05, P<0.05).

右室収縮能, 心拍数, 心拍出量はいずれも術前後で有意な変化を示さなかった。

3) PS と術前各指標との関係

術後 PS 低下群と正常群とを比較検討したところ, 切除指数 (RI), 術前駆出分画増加率 (%

Table 3 Pre and postoperative right ventricular function in the group with normal performance status after the operation.

| | Pre | Post |
|----------------------------|------------|---------------|
| EF (%) | 34.6±6.0 | 34.0±7.0 |
| 1/3EF (%) | 10.3±3.0 | 9.7±3.5 |
| PER (count/sec.) | 2.93±0.54 | 2.74±0.71 |
| TPE (msec.) | 158.1±33.9 | 174.7±27.1 |
| %dEF (%) | 16.7±18.1 | 11.7±16.7 |
| 1/3FF (%) | 50.7±10.7 | 40.3±9.7* |
| PFR (count/sec.) | 1.94±0.41 | 1.82±0.46 |
| TPF (msec.) | 186.0±90.5 | 269.0±109.0** |
| EDVI (ml/m ²) | 107.3±26.2 | 94.1±22.1** |
| ESVI (ml/m ²) | 68.3±17.7 | 61.6±17.0 |
| HR (/min.) | 69.6±13.0 | 80.4±13.3 |
| CO (l/min.) | 4.63±1.82 | 4.43±1.46 |
| CI (l/min/m ²) | 2.72±0.85 | 2.61±0.67 |

EF:ejection fraction,PER:peak ejection rate, TPE:time to peak ejection rate,FF:filling fraction,PFR:peak filling rate,TPF:time to peak filling rate,EDVI:end-diastolic volume index,ESVI:end-systolic volume index,HR:heart rate,CO:cardiac output,CI:cardiac index.
Each value represents the mean±SD.(n=25)
Data were analyzed by paired Student's t test.
*p<0.001,**p<0.05

dEF), 術前安静時心拍出量 (CO) において二群間に有意差を認めた (Fig. 4). これら3指標と術後 PS との関係を示した (Fig. 5). まず RI に関しては RI が0.45以上の症例では術後 PS の低下は一例も認めないため RI が0.45未満の症例 (n=12) について更に検討を加えた. 対象例の術前%dEF と術前安静時 CO との関係を見ると PS 低下群の5例は全例両指標ともに低値であり%dEFが6%未満, COが4.2 l/min

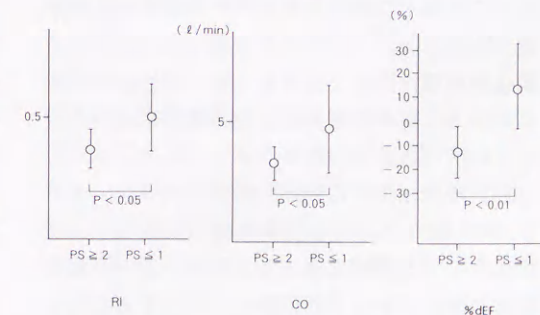


Fig. 4 Comparison of preoperative cardiopulmonary function in two groups.

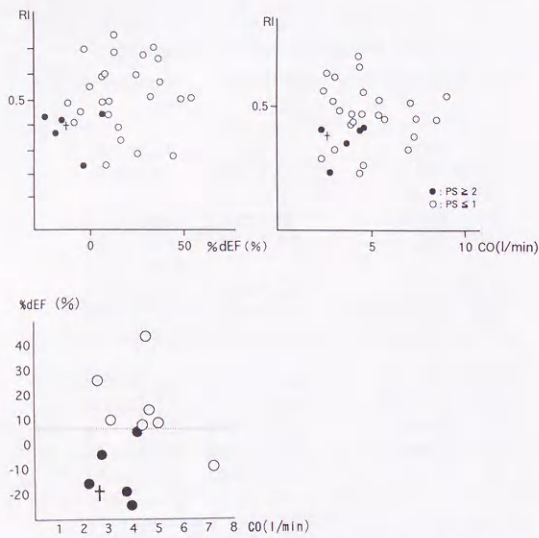


Fig. 5 Relationship of RI, preoperative %dEF, and CO at rest.

未満の範囲に偏在していた。

考 察

肺切除術は肺実質の減少による換気能の低下とともに肺血管床の減少をもたらす。一方肺血管は血管の伸展と血流のない血管の再開通により対応するが、その代償能をこえると右心室に対する後負荷の上昇から心拍出量が減少し、更には右心不全を来してしまう³⁾。従って耐術能の予測には従来より重視されてきた肺機能の術後予測値とともに右心機能からの検討も重要である。そしてそのためには肺切除術前後の右心機能の変化を正確に解析することが前提となるが右心室はその特異な形態のため従来の心超音波 (UCG) 法、心カテーテル法では正確な容積変化の計測は困難であった。特に肺切除術前後における右室の収縮・拡張能の推移は現在まで十分に解明されていない。

1971年Strauss ら⁴⁾により心プールシンチグラフィによる左室駆出率測定法が提唱されて以来フーリエ解析の適応など数々の改良が加えられ心プール法は左心機能のみならず右心機能についてもその有用性が認められつつある。左心機能の解析には心臓 UCG 法、心カテーテル

法が有用であるが、これらの方法では geometrical な予測式を必要とするため右心機能の評価には適さない。一方、心プールシンチグラフィは形態に関係なく RI カウント数に比例して容積が算出できるため右心機能の評価に有用である。また本法は非侵襲的であり、運動負荷が可能で、左右両心機能を同時に測定できるなどの利点がある。

本法による測定値の信頼性に関して、すでに左室においては心 UCG 法、心カテーテル法と本法の測定値の間により相関が確立されており^{5,6)}、清水⁷⁾によれば本法により得られた左室と右室の容積の間にも極めてよい相関が確認されている。また右室容積算出法としての二方向右心造影法は鋳型により求めた実測値とよく相関することが報告されており^{8,9)}、この造影法と心プール法との相関も得られている¹⁰⁾。更に Dhainaut ら¹¹⁾、Korr ら¹²⁾によれば右心カテーテル法により求めた右室 EF と本法により求めた右室 EF との間にもよい相関が認められており、本法は十分臨床に応用可能と思われる。

そこで著者は肺悪性腫瘍症例における肺切除前後の右心機能変化の解析に心プールシンチグラフィを応用した。本研究で対象とした全症例の切除範囲は平均 4.7 ± 2.0 区域 (約25%) であり全般的には肺血管床の減少に対する右心機能の変化は代償能の範囲内と考えられる¹³⁾。

術前後の右室収縮能の推移に関しては EF は術前に比べ術後やや低下傾向を示したものの有意な変化ではなかった。しかし右室機能のより鋭敏な指標とされる1/3 EF の低下と TPE の延長は有意な変化であり、一葉程度の肺切除においても術後には潜在的な右室収縮能の障害が発生していると考えられる。

次に術前後の右室拡張能については1/3 FF の低下と TPF の延長が有意な変化である。特に1/3 FF は著しい低下を示しており術後の右室拡張能の障害は顕在化していると考えられる。

続いて術前後の右室容積の推移に関しては、EDVI は術前に比べ術後には有意に減少するものの ESVI はほとんど変化しておらず、これは心拍数の増加による前負荷の減少によると思

られる。心拍数増加の原因として、Hb 値は術後低下し ($P < 0.05$) pO_2 も術後低下傾向を示していることから、 O_2 運搬能と O_2 摂取能の低下に対する代償機転が働いているものと考えられる。その結果右室の一回心拍出量係数は 38.1 ± 12.0 ml/m² から 31.7 ± 9.3 ml/m² に減少 ($P < 0.05$) したものの心係数は術後もほぼ同じレベルに保たれていた。

本研究の対象例は大部分が通常施行される範囲の切除例であり術後経過も概ね順調であった。しかし、臨床上的問題となるのは術後合併症を併発したり心肺不全を呈し肺性心へと進展してしまう症例である。

そこで術後慢性期において息切れ、動悸、倦怠感などに代表される予後の活動能力 (PS) を評価し術後活動能力低下群 ($n=5$) と正常群 ($n=25$) とに分け、対比して検討を加えた。

Ruckdeshel ら¹⁴⁾、尾下らによれば PS2 以上の症例は制癌剤の毒性が強くとらわれるとされており、術後 PS の予測は心肺機能のみならず術後化学療法を付加する必要がある時の予後に影響を与えようと思われる。

術後 PS 低下群の右室収縮能は EF、1/3 EF とも術後は有意に低下して正常群より低値を示している。一方右室拡張能に関しては術後 PS 低下群は術前後で有意な変化を示さないのに対し正常群で1/3 FF の低下と TPF の延長が認められる。これは術後 PS 低下群では術前すでに1/3 FF の低下傾向と TPF の延長傾向があるためそれ以上の変化がおこらなかったと推測される。次に右室容積に関しては術後 PS 低下群では有意ではないものの ESVI の上昇傾向があり正常群では EDVI の低下が認められた。すなわち肺切除術前後の右心機能の変化として、正常群では代償機転による右室前負荷の減少と右室拡張能の低下が主体をなすのに対し、術後 PS 低下群では右室後負荷の増加による右室収縮能の低下が顕在化していると考えられる。

従って術後 PS 低下例では術後増大した右心後負荷が遷延することとなり、術後急性期を乗り切った後も慢性期から遠隔期にかけて肺性心の発生を防止するよう厳重な管理が必要である。

実際本研究の対象例のうち術後 PS3 となった症例も術後37日で一度は軽快退院したものの心肺不全が進展して呼吸不全死の転帰をとっている。小泉ら¹⁶⁾も肺切除術前後の右心機能を右心カテーテル法により検討し、術後右室 EF と共に両心室の一回仕事係数の低下を認めた場合積極的な心肺循環管理による PS 悪化の予防が必要であると報告している。

このように術後 PS 低下群と正常群では右心機能の推移はかなり異なっている。従って術前に術後 PS が悪化するかどうか推測できれば術後管理とともに耐術能の判定にも有用である。一方肺切除術の耐術能の判定には従来より術後残存肺機能の予測値が重視されている^{17,18)}。われわれの教室でも術後肺機能の予測を行っているが、1秒量が閉塞性および拘束性の肺機能障害をよく反映することから術後1秒量の予測値を手術適応の決定に用いている。実際には各自の体格差を考慮して個々の予測肺活量に対する術後1秒量予測値の比を切除指数 (Resection Index: RI) と決め RI 0.35以下の症例を低肺機能例としている。このような症例は術後合併症の発生頻度が高く、術前より呼吸訓練を行うとともに場合によっては縮小手術を選択するなど慎重に対応しておりほぼ全例で順調な経過を得ている¹⁹⁾。本研究の対象例でも RI は術後 PS 低下群の方が正常群より有意に低い値を示しており、RI は術後の心肺機能を予測するうえで有用な指標である。しかし術後 PS 低下群の RI は5例全例が0.45未満であるもののそのうち4例 (呼吸不全死1例を含む) は0.35以上であり一方正常例25例中4例は RI が0.35以下であった。従ってより厳密な耐術能の判定のため今回評価した心プールシンチグラフィにおける術前の右心機能指標のうち他にも術後 PS に影響すると考えられるものを見いだすべく検討を加えた。その結果術後 PS 低下群では術前安静時右心拍出量 (CO) と術前右室駆出分画増加率 (%dEF) が正常群に比べ有意な低値を示していた ($P < 0.05$, $P < 0.01$) (Fig. 4)。Sibbald ら²⁰⁾は、右心拍出量の低下は肺循環を介して左心前負荷の低下から左心拍出量の低下を引き起こし

またそのような右室負荷の状態は直接的にも左心機能に悪影響を及ぼすため体循環にとっても重要であると述べている。また右心室は右室後負荷の増加により右心拍出量を減少させるという特性を持っているため肺切除による血管床の減少により心拍出量の減少傾向は更に強まると考えられる。術後 PS 低下群の術前心拍出量は最高でも約4.2l/min, 平均で約3.3l/min と低値で心係数(CI)では平均約2.1l/min/m²となりこの値は仲田ら³⁾が肺切除限界の基準値の一つとして挙げている CI \geq 2l/min/m²とほぼ同等の値である。次に右室駆出分画増加率についてであるが、この指標は運動負荷によって得られる右心ポンプ機能の予備能の指標と考えられている。Caplin ら²¹⁾の報告によれば正常値は10~20%でありこれは本研究の正常群の平均値と同等である。この指標は左心機能では冠動脈疾患、心筋症などで低値となるが、右心機能に関しても僧帽弁疾患の術前%DEF が低下している症例は術後の心機能の改善が不良であると報告されている²²⁾。術後 PS 低下群の術前%DEF は平均-11.1 \pm 11.9%であり正常群に比べて有意な低値をとっていた。

ここで RI, 術前%DEF, 術前安静時 CO と術後 PS との関係を検討する。まず RI に関しては RI が0.45以上の症例では術後 PS の低下例は1例も認めないため RI が0.45未満の症例(n=12)について更に検討を加えた。対象例の術前%DEF と術前安静時 CO の関係をみると術後 PS 低下群の5例は全例両指標ともに低値であり%DEF 6%未満, CO 4.2l/min 未満の範囲に偏在していた(Fig. 5)。従って、肺切除術の耐術能の判定に際し、術前呼吸機能検査において RI 0.45未満すなわち術後残存1秒量の低下が予測される症例では術後心肺機能不全を併発する可能性が方く、更に心プールシンチグラフィによる右心機能検査において術前心拍出量とポンプ機能予備能が共に低下している症例では手術適応の決定には慎重を要し、場合によっては手術侵襲の軽減も考慮されるべきであり、同時に術後急性期のみならず慢性期にかけても厳重な管理が必要であると考えられる。

結 語

1. 肺悪性腫瘍症例30例に対して肺切除術前後に心プールシンチグラフィを行い右心機能の推移を検討した。
2. 全症例の検討では術後右室収縮能の低下に比べ拡張能の低下が明らかでありこれは主に代償的な心拍数増加による右室前負荷低下に起因すると考えられた。
3. 術後 PS 低下群では術後収縮能の低下が顕著であり厳重な術後管理とともに術後慢性期心肺機能不全の防止が重要と考えられた。
4. 術前呼吸機能検査において切除指数(RI) 0.45未満の症例は術後心肺機能不全が懸念され術前安静時心拍出量(CO)と術前駆出分画増加率(%DEF)が共に低下している症例は特に注意を要すると考えられた。

稿を終えるにあたり、御指導御校閲を賜りました清水信義教授に深甚なる謝意を表します。また直接御指導戴きました安藤陽夫講師に深謝すると共に本研究に御協力いただきました教室諸兄並びに清水光春助手(岡山大学放射線科)、永谷伊左雄技官(岡山大学医学部附属病院中央放射線部)に心より感謝の意を表します。

なお、本研究の要旨は第9回日本呼吸器外科学会総会及び第32回日本核医学会総会で発表した。

文 献

- 1) Miller Y, Grossman SJ, Ehsani AA, et al: Left ventricular diastolic filling and association with age. *Am J Cardiol* 58: 531-535, 1986.
- 2) Hiraki Y, Yanagi H, Shimizu M, et al: Studies of left ventricular volume estimation from gated blood pool scan with the use of regression equations. *Radioisotopes* 36: 512-518, 1987.
- 3) 仲田 祐, 新田澄郎: 肺の病態生理研究の進歩. 現代外科学体系, '75c, 年間追補 1975-c, 中山書店, p 203-222.
- 4) Strauss HW, Zaret BL, Pitt B, et al: A scintigraphic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am J Cardiol* 28: 575-580, 1971.
- 5) Iskandrian AS, Heo J, Segal BI, et al: Left ventricular diastolic function: Evaluation by radionuclide angiography. *Am Heart J* 115: 924-929, 1988.
- 6) Friedman BJ, Drinkovic N, Shin WJ, et al: Assessment of left ventricular diastolic function: Comparison of doppler echo cardiography and gated blood pool scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* 8: 1348-1354, 1986.
- 7) 清水光春, 守都常晴, 平木祥夫, 他: 心プールシンチグラムによる三尖弁逆流量の定量的評価. *核医学* 29: 844 (abstr.), 1992.
- 8) Gentzler RD, Briselli MF, Gaut JH: Angiographic estimation of right ventricular volume in man. *Circulation* 50: 324-330, 1974.
- 9) Fisher EA, DuBrow IW, Hastreiter AR: Right ventricular volume in congenital heart disease. *Am J Cardiol* 36: 67-75, 1975.
- 10) Dehmer GJ, Firth BG, Lewis SE, et al: Nongeometric determination of right ventricular volumes from equilibrium blood pool scans. *Am J Cardiol* 49: 78-84, 1982.
- 11) Dhainaut JF, Brunet FB, Huyghebaert MF, et al: Bedside evaluation of right ventricular performance using a rapid computerized thermodilution method. *Crit Care Med* 15: 148-152, 1987.
- 12) Korr KS, Gandsman EJ, Bough EW, et al: Hemodynamic correlates of right ventricular ejection fraction measured with gated radionuclide angiography. *Am J Cardiol* 49: 71-77, 1982.
- 13) 小泉 潔, 山手 昇, 庄司 祐, 他: 原発性肺癌切除例の肺血管外水分量に関する研究. *日胸外会誌* 36: 1339-1346, 1988.
- 14) Vogl S, Ruckdenschel JC, Finkelstein DM, et al: A randomized trial of four most active regimens for metastatic non-small cell lung cancer. *J Clin Oncol* 4: 14-22, 1986.
- 15) 尾下文浩, 新海 哲, 江口研二, 他: 非小細胞肺癌化学療法における血液毒性とPSおよび年齢との関連について. *日胸外会誌* 29: 231-233, 1991.
- 16) 小泉 潔, 田中茂夫, 庄司 祐, 他: 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* 39: 1893-1845, 1991.
- 17) Gass GD, Olsen GN: Preoperative pulmonary function testing to predict postoperative morbidity and mortality. *Chest* 89: 127-135, 1986.
- 18) Miller JI, Grossman GD, Hutcher CR: Pulmonary function test criteria for operability and pulmonary resection. *Surg Obst Gynecol* 153: 893-895, 1981.
- 19) 清水信義, 安藤陽夫, 寺本 滋, 他: 肺癌患者の機能的手術適応と管理. *胸部外科* 40: 706-709, 1987.
- 20) Sibbald WJ, Driedger AA, Cunningham DG, et al: Right and left ventricular performance in acute hypoxemic respiratory failure. *Crit Care Med* 14: 852-857, 1986.
- 21) Caplin JL, Maltz MB, Dymond DS, et al: Nonischemic change in right ventricular function on exercise. Do normal volunteers differ from patient with normal coronary arteries?. *Clic Cardiol* 11: 175-184, 1988.
- 22) 竹内義広, 齊藤圭治, 草川 實, 他: RI アンギオグラフィによる後天性弁膜疾患の術前術後の右室機能の評価. *日胸外会誌* 32: 870-878, 1984.

**Studies on the cardio-pulmonary hemodynamic changes
subsequent to pulmonary resection**
—Assessment by exercise-loaded cardiac pool scintigraphy—

Shigeki Makihara

Second Department of Surgery, Okayama University Medical School

The changes in right ventricular function before and after pulmonary resection were investigated by means of cardiac pool scintigraphy. Furthermore, operative tolerability based on both right ventricular function and resection criteria of pulmonary function was investigated. Thirty cases were enrolled in this study. One third ejection fraction (1/3 EF), time to peak ejection rate (TPE) as the postoperative contractility parameters and one third filling fraction (1/3 FF), time to peak filling rate (TPF) as the expandability parameters showed significant changes. The cardiac output (CO) was however maintained by a compensatory increase in heart rate.

When the cases were divided into two groups, i. e., one with decreased performance status (PS) after the operation and one with normal post-operative PS, a significant decrease of the ejection fraction (EF) and the 1/3 EF was found in the former group.

In this group, among the pre-operative parameters, CO and percent delta ejection fraction (%dEF) were lowered.

In addition, resection index (RI) obtained by the pre-operative pulmonary function was also lowered in this group.

The values of the cases of this group were all smaller than 0.45.

In conclusion, much attention should be paid to cases with RI smaller than 0.45 and with low preoperative CO and %dEF.

