

デジタル肺血流像による僧  
帽弁置換の長期評価

Digital perfusion images  
for evaluating patients  
with mitral valve replace-  
ment

田中 健	Takeshi TANAKA
鈴木 紳	Shin SUZUKI
青崎 正彦	Masahiko AOSAKI
堀江 俊伸	Toshinobu HORIE
高橋 早苗	Sanae TAKAHASHI
木全 心一	Sinichi KIMATA
近藤 瑞香	Mizuka KONDO
広沢弘七郎	Koshichiro HIROSAWA
日下部きよ子	Kiyoko KUSAKABE
重田 帝子	Teiko SHIGETA

**Summary**

To determine whether the distribution of pulmonary perfusion can be applied as a noninvasive means of evaluating patients with mitral valve replacement (MVR), computerized Tc-99m MAA pulmonary perfusion images (digital perfusion images: DPI) were obtained for 32 patients in the preoperative, early postoperative and late postoperative (18 months mean) periods. DPI consisted of iso-count areas, and a 100-70% area was defined as a hyperperfusion area. The distribution of pulmonary perfusion was evaluated using patterns of hyperperfusion area in anterior DPI. In 32 patients above-mentioned had the hyperperfusion areas in the upper lung fields preoperatively, the perfusion of the lung base was investigated.

In 21 patients hyperperfusion area appeared in the lung base in the late follow-up period (group A), and all patients improved clinically. In 11 patients, the DPI improved to nearly normal patterns. In five patients, the DPI improved after one year postoperatively.

In 11 patients, hyperperfusion areas did not appear in the lung base in the late follow-up period (group B). Six of the 11 patients did not improve clinically.

There were no significant hemodynamic differences between groups A and B except for slight differences in the postoperative pulmonary vascular resistance. These results suggested significant correlations between the clinical improvement and the normalization of the DPI. The use of DPI patterns may facilitate quantitative and objective estimations of postoperative states. Since DPI are easy to perform noninvasively, DPI may comprise a useful graphic diagnostic method for evaluating patients with

東京女子医科大学 日本心臓血圧研究所  
東京都新宿区市谷河田町 10 (〒162)

Heart Institute Japan, Tokyo Womens' Medical  
College, Ichigaya-Kawada-cho 10, Shinjuku-ku,  
Tokyo 167

Received for publication April 25, 1984 ; accepted July 19, 1984 (Ref. No. 28-53)

MVR.

### Key words

Digital perfusion images      Mitral valve replacement      Distribution of pulmonary perfusion      Pulmonary hypertension      Noninvasive estimation

## はじめに

僧帽弁疾患は経過が長く、肺高血圧症を生じ易い疾患であり<sup>1,2)</sup>、また容易に肺内血流分布異常を来すことでも知られている<sup>3)</sup>。これに対し、従来より、肺内血流分布異常程度を用いた僧帽弁疾患の評価が試みられているが、確立したものとはなっていない<sup>4)</sup>。著者らは肺内血流分布異常程度を画像化して評価することの重要性を指摘し、Tc 99 m-MAA による肺血流像を計算機処理したデジタル肺血流像 (digital perfusion images, DPI) を導入<sup>5,6)</sup>、その画像的特徴<sup>7)</sup>と、僧帽弁疾患<sup>8)</sup>および虚血性心疾患<sup>9)</sup>における臨床的有用性などに関して報告してきた。今回、僧帽弁置換前、術後早期および遠隔期における肺内血流分布を DPI によって評価し、僧帽弁置換後評価における、画像診断法としての DPI の有用性を検討したので報告する。

## 対象と方法

対象は東京女子医大において僧帽弁置換手術を行った 32 例 (僧帽弁置換 21 例, 二弁 (僧帽弁・大動脈弁) 置換 10 例, 三弁 (僧帽弁・大動脈弁・三尖弁) 置換 1 例) である。対象 32 症例のうち、僧帽弁狭窄症は 27 例 (大動脈弁合併例 9 例)、僧帽弁閉鎖不全症は 5 例 (2 例は細菌性心内膜炎によるもので、大動脈弁閉鎖不全症を合併) である。

全例術前に心カテーテル検査を行い、30 例に対しては術後早期 (4~14 週, 平均 6 週) に心カテーテル再検査を行った。術後遠隔期における心機能改善の評価は、術前の状態、社会生活を参考にして決めた。

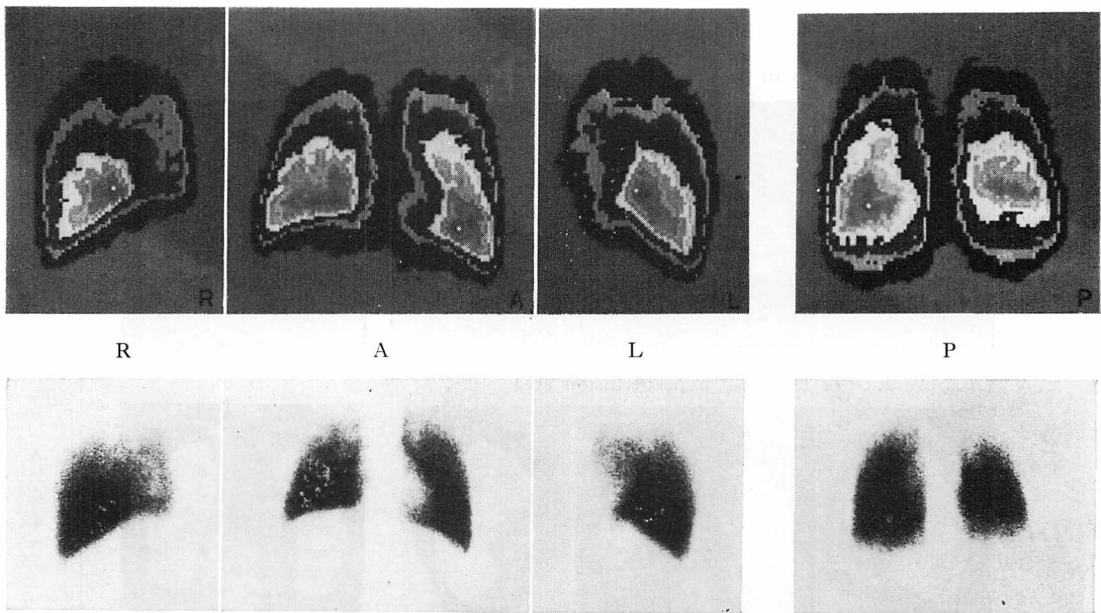
肺内血流分布の評価は、術前、術後早期 (心カテーテル検査前後)、および術後遠隔期 (12~33 カ

月, 平均 18 ヶ月) に、本学放射線科で行った。5 mCi の Tc 99 m-MAA を被検者を坐位にして静注、その後、ガンマカメラ (東芝製 GCA-401) に低エネルギー平行コリメーターを装着し、2 分間 64×64 マトリックス、フレームモードで画像収集を行った。画像処理を同時に行い、画像収集終了と同時に 128×128 マトリックス表示の DPI を得た。総カウントは 20 万カウント前後、検査所要時間は、胸部 4 方向の DPI を収集して平均 15 分であった。DPI の 100~70% 等カウント域を高肺血流域とした。正常例の高肺血流域 (Fig. 1) は、右肺正面像では下肺野に局限して三角形をなすが、左肺では心陰影のために変形をうけ、また後面像では長円形をなし、下縁には血流の少ない部分が認められた。左右側面像では後下肺野に局限し、三角形をなしていた。肺内血流分布異常程度は、心陰影圧迫の影響の少ない右肺正面像において、高肺血流域のパターンによって評価した。肺高血圧症の出現とともに、高肺血流域は下肺野に保たれたまま上肺野に進展し、全体として細長い形となり、さらに肺内血流分布異常が進行すると、下肺野高肺血流域が消失した。ついで高肺血流域は上肺野に局限し、血流分布異常が高度となると、下肺野の肺内血流は著明に減少した。これらの変化に伴って、左肺、後面、左右側面像における高肺血流域のパターンも変化し、多彩な形がみられた。以下の代表例の呈示には、デジタル肺血流像の正面像を用いた (Fig. 2)。

## 結 果

術前の肺内血流分布異常度は 32 例中 27 例で上肺野への局限を認め、7 例では下肺野肺内血流の著明な減少をみた。

以下、代表例の経過を呈示する。



**Fig. 1. Digital perfusion images (DPI) of normal subjects.**

Computerized Tc-99m MAA pulmonary perfusion images (DPI) consist of isocount areas, and 100-70% area is defined as hyperperfusion area (H), which is displayed as dark-gray area in the center of each image. In normal subjects, H localizes at the lower zone of the lungs and the shape is triangular in the anterior right lung.

R=right lateral; A=anterior; L=left lateral; P=posterior DPI.

**症例 1: 29 歳, 男性 (Fig. 3)**

細菌性心内膜炎による僧帽弁閉鎖不全症兼大動脈弁閉鎖不全症

術前の平均肺動脈圧は 47 mmHg と高値で, 高肺血流域は上肺野に局限してみられた. 術後 9 週で高肺血流域は下肺野に局限し, 正常分布に近くなっていた. なお左上肺野における欠損陰影はペース・メーカーである. 術後 13 ヶ月ではほぼ正常分布となった. 本例は術後急速に改善し, 遠隔期でほぼ正常分布となった例といえる.

**症例 2: 17 歳, 男性 (Fig. 4)**

ハンコック弁石灰化による僧帽弁狭窄症

術前の平均肺動脈圧は 41 mmHg と高値で, 高肺血流域は上肺野に局限し, 下肺野肺内血流の著明な減少がみられた. なお下肺野の一部に局限して, 血流の相対的に多い部分が認められた. 術後 5 週では, 高肺血流域はいまだに上肺野に局限

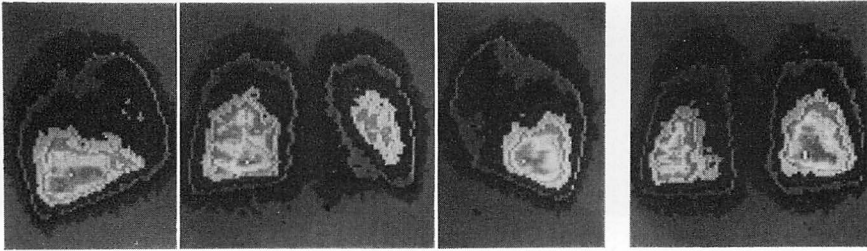
するものの, 著明な下肺野肺内血流の増加がみられた. 13 ヶ月には高肺血流域の下肺野への局限がみられ, 25 ヶ月には上肺野肺内血流の減少がみられた. 本例は著明な肺内血流分布異常が, 術後遠隔期でほぼ正常化した例である.

**症例 3: 42 歳, 男性 (Fig. 5)**

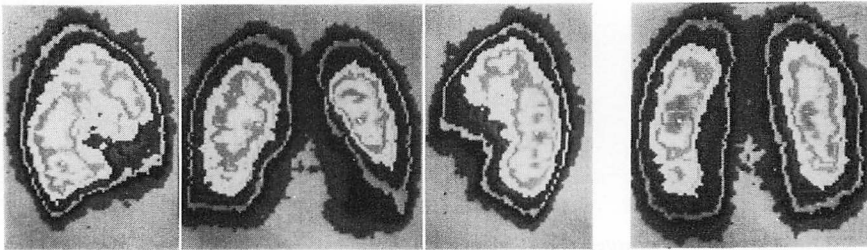
僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症, 大動脈弁閉鎖不全  
心拡大が著明で, 圧迫のために, 左下肺野には肺内血流が保たれる余地が消失していた. 術前, 高肺血流域は上肺野に局限してみられた. 術後 7 週で高肺血流域は下肺野に認められたが, 術後遠隔期となっても, 上肺野に高肺血流域が認められたままであった. 本例は, 肺内血流分布が改善し, 下肺野に高肺血流域の出現をみたが, 遠隔期でもなお高肺血流域が下肺野へ局限せず, 正常分布には至らなかった例である.

**症例 4: 19 歳, 女性 (Fig. 6)**

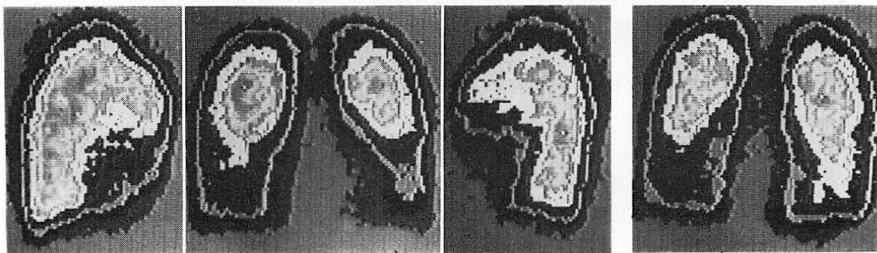
Hyperperfusion area in the basal zones of the lungs



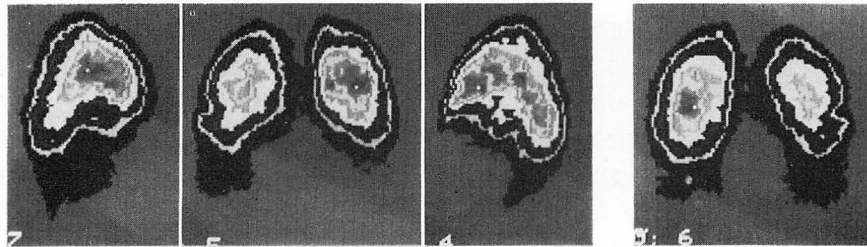
Disappearance of the basal hyperperfusion area



Localization of the hyperperfusion area in the upper zones of the lungs

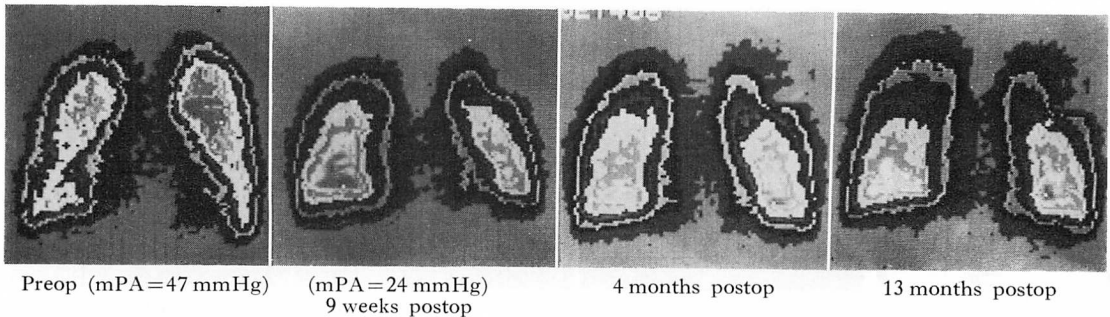


Reduced pulmonary perfusion in the lower zones of the lungs

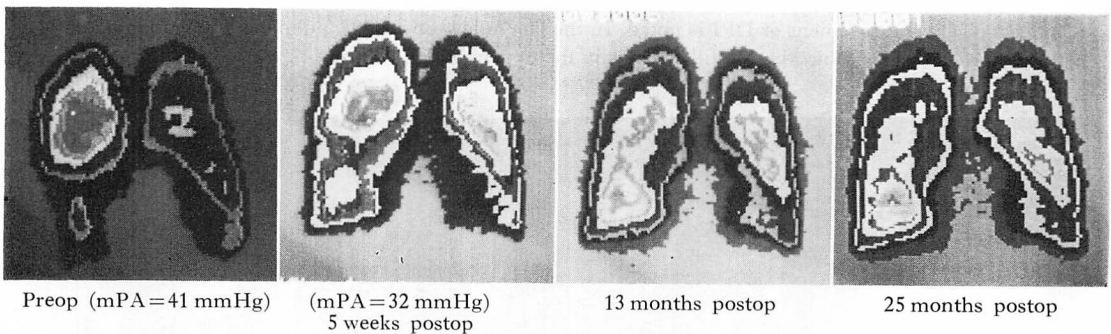


**Fig. 2. DPI of patients with mitral stenosis.**

DPIs show various patterns according to the degree of pulmonary hypertension. For estimating the distribution of pulmonary perfusion, the pattern of H in the anterior right lung is sufficient.

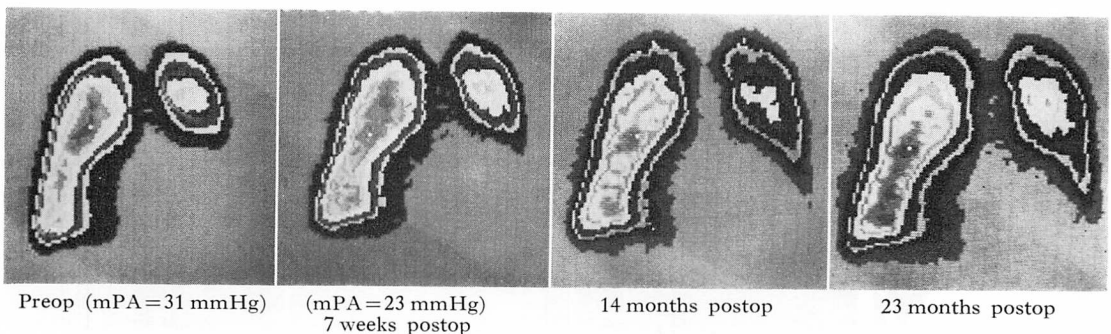


**Fig. 3. Sequential changes of the anterior DPI after mitral and aortic valve replacements.**  
Improvement of DPI is rapid and postoperative DPI at 13 months shows nearly normal pattern.



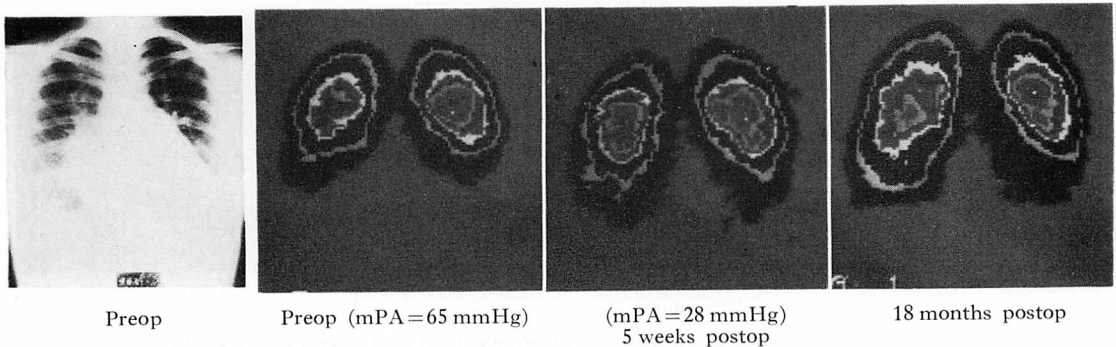
**Fig. 4. Gradual improvement of DPI after mitral valve replacement.**

In the early follow-up period, pulmonary perfusion in the lower zone of the lungs markedly increases, however, H localizes at the upper zone of the lung. At 13 months postoperatively, H appears in the basal zone of the right lung, and in the late follow-up period, further improvement of DPI is noted. DPI recovers to normal patterns, since an abnormal distribution of pulmonary perfusion improves to nearly normal distribution.



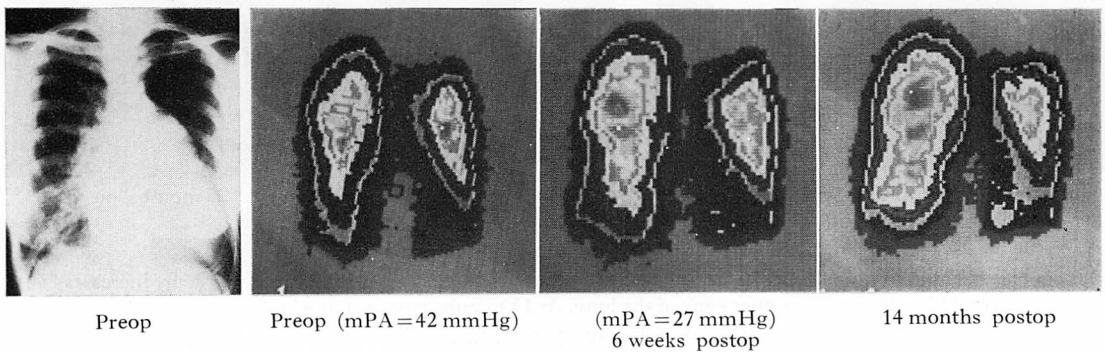
**Fig. 5. Insufficient normalization of DPI after mitral and aortic valve replacements.**

Cardiomegaly prevents distribution of pulmonary perfusion in the left lung. Improvement of DPI is noted after valve replacements. However, H is still noted in the both upper and lower zones of the lungs in the late follow-up period.



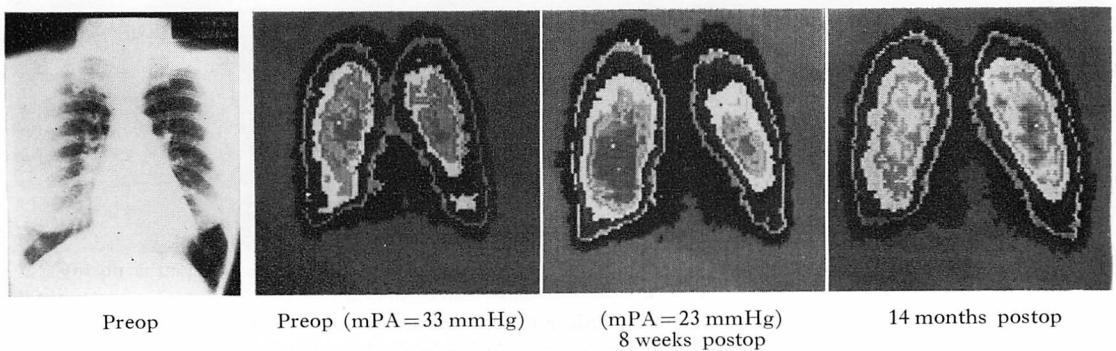
**Fig. 6. Preoperative severe hypoperfusion area in the lower zone.**

H is confined to the upper zone of the lungs and pulmonary perfusion is scarcely seen in the lower zone. Immediately after mitral valve replacement, a marked hemodynamic recovery is noted; however, no significant improvement of DPI is noted. In the late follow-up period, pulmonary perfusion in the basal zone increases, however, H still remains in the upper zone of the lung.



**Fig. 7. Gradual recovery of DPI after mitral valve replacement.**

Improvement of DPI is noted, but gradual. In the late follow-up period, H is still noted in the upper zones of the lungs.



**Fig. 8. Unimproved DPI after mitral valve replacement.**

There is no significant improvement of the pulmonary perfusion in both the early and late follow-up periods after valve replacement, in spite of marked hemodynamic recovery.

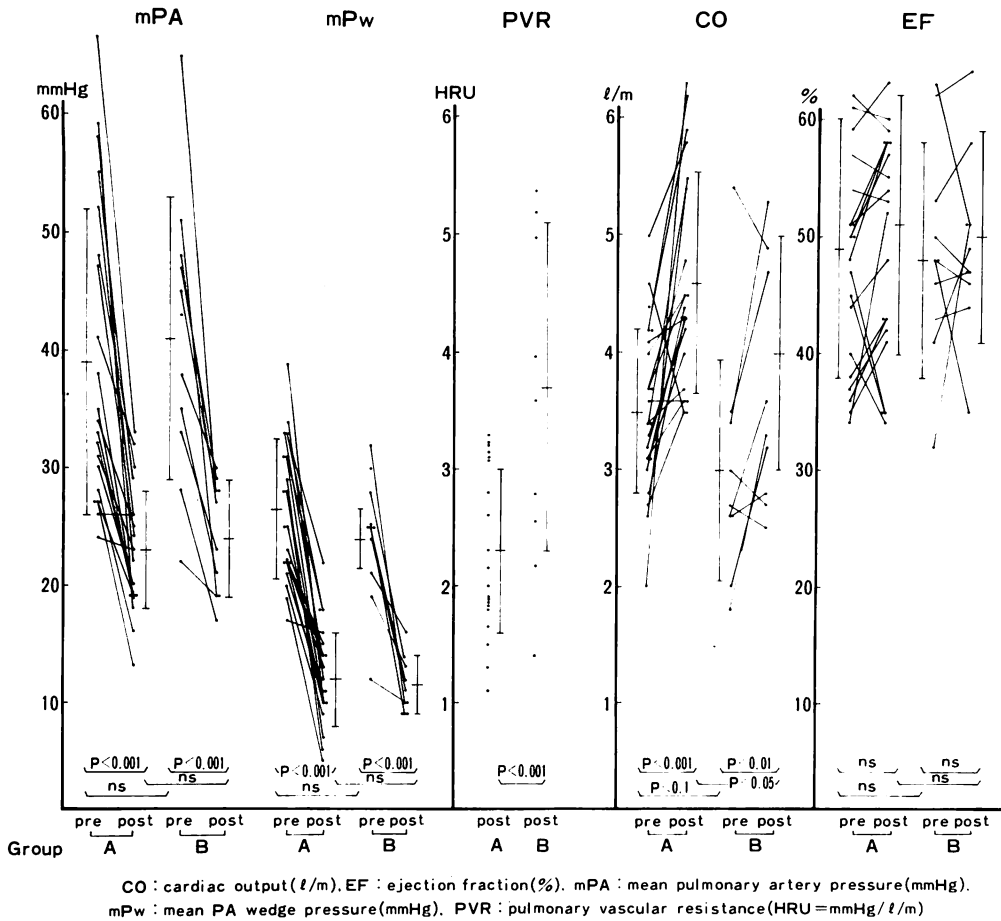


Fig. 9. Preoperative and postoperative hemodynamics in groups A and B.

Table 1. Preoperative and postoperative hemodynamics in groups A and B

Group	mPA (mmHg)	mPW (mmHg)	PVR (HRU)	CO (L/m)	EF (%)
A Pre-op	39.0 ± 12.9)*	26.5 ± 5.9)*	—	3.5 ± 0.7)*	48.9 ± 11.1)ns
A Post-op	22.8 ± 5.4)	12.3 ± 4.2)	2.3 ± 0.7	4.6 ± 0.9)	51.2 ± 11.2)ns
B Pre-op	41.4 ± 11.9)*	24.2 ± 2.5)*	—	3.0 ± 0.9)**	48.5 ± 10.7)ns
B Post-op	24.1 ± 4.8)	11.3 ± 2.4)	3.7 ± 1.4	3.8 ± 1.0)	49.8 ± 8.9)ns

\*: p < 0.001, \*\*: p < 0.01

CO = cardiac output; EF = ejection fraction; mPA = mean pulmonary artery pressure; mPW = mean PA wedge pressure; PVR = pulmonary vascular resistance; HRU = Hybrid resistance unit: mmHg/(L/min)

### 僧帽弁閉鎖不全症

術前, 平均肺動脈圧は 65 mmHg と高値で, 高肺血流域は上肺野に局限し, しかも下肺野の肺内血流はほとんど認められない程であった. 胸部写真でも右下肺野に著明な白色陰影が認められた. 血行動態上は術後5週で著明な改善をみたが, 肺内血流分布の改善はほとんど認められなかった. 術後遠隔期では下肺野肺内血流の増大が認められたが, 高肺血流域は上肺野に局限し, 下肺野高肺血流域は消失したままであった. 本例は術前の肺内血流分布異常が著明で, しかも遠隔期でも下肺野に高肺血流域の出現をみなかった例である.

症例 5: 49 歳, 女性 (Fig. 7)

### 僧帽弁狭窄症

術前高肺血流域は上肺野に局限し, 下肺野周辺部に肺内血流の減少傾向が認められた. 胸部写真では右下肺野に著明な白色陰影が認められた. 術後6週には, 下肺野において軽度な肺血流の増大が認められた. 術後遠隔期には一層の下肺野肺内血流の増大が認められたが, 高肺血流域は上肺野に局限したままであった. 本例は肺内血流分布の改善傾向をみたものの, 遠隔期においても, 下肺野高肺血流域の出現をみなかった例である.

以上の5症例では遠隔期において著明な心機能の改善をみ, 特に症例1, 2, 4は通常の社会生活を営むに至っている.

症例 6: 47 歳, 女性 (Fig. 8)

### 洞調律の僧帽弁狭窄症

心胸郭比 50%, 平均肺動脈圧 33 mmHg, NYHA 心機能は 1~2 度で, 術前の心機能は比較的良好と考えられた. 術前, 高肺血流域は上肺野に主としてみられた. 術後, 血行動態の改善がみられたものの, 明確な肺内血流分布の改善はみられず, 遠隔期においても, 肺内血流分布異常程度は術前に比し変化をみなかった. また臨床症状の改善もみられなかった. 本例は肺内血流分布, 臨床症状ともに改善がみられなかった例である.

術後遠隔期における下肺野高肺血流域の有無に

よって, 32 症例を A, B の2群に分類した.

A 群: 下肺野に高肺血流域が出現した 21 例で, このうち 16 例では, 術後早期に DPI の明確な改善がみられた. 5 例では術後1年以降にも明確な DPI の改善がみられた. DPI がほぼ正常に復した例は 11 例であった. 臨床症状は全例に改善をみた.

B 群: 下肺野の高肺血流域が消失したままの 11 例で, 6 例では臨床症状の改善が十分ではなかった. 他の 5 例では, 術前, 著しい心機能の低下がみられたにもかかわらず, 臨床症状の著明な改善がみられた.

A, B 両群間における血行動態の比較では (Fig. 9, Table 1), 両群ともそれぞれ手術によって著明な血行動態の改善をみ, 術後の肺血管抵抗が B 群で軽度に高値を示す以外, 血行力学的な差はみられなかった. 術後, 左心駆出率は 26 例で 40% 以上であり, 30% 以下の症例はみられなかった. この結果から, 単純な血行力学的パラメーターが, 術後の肺内血流分布を規定しているというような印象は得られなかった.

## 考 按

僧帽弁疾患はその長い経過中, 多彩な臨床症状を来す疾患で<sup>1,2)</sup>, その臨床症状改善の目的で僧帽弁置換手術が行われる. 心臓外科の発達により, この弁置換手術は比較的安全に行われるようになったが, 術後もなお症状改善の認められない例が存在することは, 否定出来ない事実である<sup>10)</sup>. したがって術後状態を客観的に評価し, 術後経過を規定する因子を知ることが, 手術適応の観点から有用なことと考えられる.

僧帽弁置換後の状態を客観的かつ詳細に評価するために心カテーテル法を行うことが望ましいが, 本法は観血的であるために, 頻回に行うには不適當である. 従来より, 術後状態評価のために, 臨床症状による NYHA 心機能分類が用いられることが多いが, 本評価法は社会環境や主観によって影響されることが多く, 客観的評価を行



うには難しい面があった。胸部写真や超音波画像も客観的術後評価法として用いられるが、必ずしも十分な鋭敏度を有するとはいえない場合があると考えられている。

僧帽弁狭窄症は容易に肺高血圧症を来し、肺内血流分布の異常を招来することが知られている。我々は僧帽弁手術後の評価にこの異常血流分布を利用しようと考え、まずこの肺内血流分布を評価するため、Tc 99 m-MAA による肺血流像を計算機処理して得られたデジタル肺血流像 (DPI) を用いた<sup>5,6)</sup>。DPI を等カウント域で表示し、100~70% 域を高肺血流域とすると、肺内血流分布異常程度は、DPI 右肺正面像における高肺血流域のパターンによって評価し得る。通常、坐位での肺内血流分布では、単位肺体積についての肺血流量は肺底部で最大となり、上肺野に移行するにつれて減少することが知られている。肺高血圧症が進展すると、下肺野の高肺血流域が保たれたまま、上肺野の高肺血流域が増加し、ついで肺底部における高肺血流域が消失する。我々は、下肺野における高肺血流域の消失は、単位肺体積についての肺血流量が、肺底部でもはや最大でなくなったことに対応し、肺血行動態の点では、この時、肺血管抵抗が有意に増大することを示した。この点に関し、A、B 群間で術後遠隔期においてこのような差があるか、現在術後遠隔期における血行動態を検討中である。さらに肺内血流分布異常が進行すると、上肺野に高肺血流域が限局し、ついで下肺野の肺血流量が減少する。

このように変化する肺内血流分布を規定するのは、特定の血行動態パラメーターでなく、多くのパラメーターが悪化するほど、分布が異常となることをすでに発表した<sup>8)</sup>。またさらに、DPI による検査を容易に行うためのパソコンを用いた画像処理装置 Micro View System (TOSHIBA) では、画像収集しながらの画像処理が可能となった<sup>11)</sup>。なお 5 mCi の Tc-99 m を用いると、2 分間で十分な画像が得られるようになった。

僧帽弁置換手術後、良好な経過をとる場合には

心機能の著明な改善が得られ、術前に比し、血行動態は改善する。したがって術後の経過が良好な場合には、異常であった肺内血流分布の正常化が期待され、それ故、非観血的な肺内血流分布を用いて、僧帽弁置換後の評価を行い得る可能性がある。このうち術後短期評価に関しては既に報告した<sup>12)</sup>。

本報告では、術後遠隔期において下肺野に高肺血流域が出現した例では、術後早期には血行動態の改善が認められ、また遠隔期には臨床症状の著明な改善がみられた。しかし遠隔期における高肺血流域の下肺野への限局程度は症例ごとに異なっていた。これより血流分布異常程度による術後評価の可能性、また遠隔期における血行動態の多様性が示唆された。

また術後 1 年以降にも肺内血流分布の改善が認められたことは、僧帽弁置換後の心機能改善に長い期間が心要であることを示唆するものと考えられる。さらに術後早期に肺内血流分布の明確な改善がみられた場合には、術後遠隔期に下肺野に高肺血流域が生じ、臨床上の改善が得られており、したがって肺内血流分布によって術後早期に予後を推定しうる可能性が考えられる。

本研究では、僧帽弁置換後遠隔期においても、高肺血流域がなお下肺野に出現しない症例が認められた (B 群)。遠隔期に高肺血流の認められる A 群と対比すると、A、B 両群いずれにおいても手術前後で血行動態の改善は著明で、術後の肺血管抵抗が B 群で有意に高い以外は両群間に血行力学的な差が認められなかった。一部の症例では、術前の胸部写真で、高度な器質的变化を示唆する著明な白色陰影が右下肺野に認められた。このような症例では、右下肺野における器質的变化が改善しきれないため、その肺野に高肺血流域が出現しないのではと推定された。しかし B 群には、術前の心機能が比較的良好であるのに対し、術後遠隔期において臨床症状改善の不十分なもの認められた。このような症例を検討すれば、術後の心機能を規定する因子が明らかとなることが期待

される。また術後の肺内血流分布改善程度は、術前の肺内血流分布や術前後の血行動態からは予測し難い例が多く認められた。これより、術中因子なども含めて、多くの因子が術後状態を規定していると推測される。

肺内血流分布によって、術後遠隔期の客観的分類が可能となるので、DPI は術後経過を規定する因子の解明に有用と考えられるが、肺内血流分布を画像化し、それをを用いて僧帽弁置換後の肺内血流分布変化を評価した報告は従来知られていない。本報告では DPI による術後評価の可能性を示したが、すでに我々は、運動負荷時の肺内血流分布変化程度による術後評価の可能性をも示してきた<sup>14)</sup>。僧帽弁疾患で、容易に肺内血流分布の変化が生じることが知られてから、この分布異常程度を上下比で代表されるように単一のパラメータとし、これと肺血行動態との関連を検討した報告<sup>4,14)</sup>、また手術前後における上下比変化の報告などもある。しかし上下比を求めるためには、画像収集後、新たに画像処理を行う必要があり、しかも核医学画像の辺縁は鮮明ではないため、上下肺野に再現性よく関心領域を決めることが意外に煩雑である。また肺内血流分布の異常が高度となると、肺内血流が上肺野に限局し、下肺野の肺内血流が著明に減少するので、上下比は極めて大となり、しかも下肺野の辺縁が一層決め難くなっているため、関心領域の少しの変化で、著しい上下比の変動を招来する。上下比による肺内血流分布評価法は、このように再現性や容易さなどに難点と考えられるためか、報告者がその有用性を強調するほどには一般化した方法となっていない。また、従来の僧帽弁置換前後における肺内血流分布変化に関する報告は、大部分、肺内血流分布から肺血行動態パラメータを推定しようとする試みの中でなされており、このため、一定数以上の症例を長期間観察した報告は少ない<sup>15-17)</sup>。

肺内血流分布を画像化した DPI により、術後評価が可能となれば、再び DPI を定量化する試みがなされると考えられる。我々も客観的、かつ

容易に、再現性よく得られるパラメータとして、右肺の鎖骨中線第三肋間と肺底部とのカウント比を提唱した。しかし本来三次元的である肺内血流分布を単一のパラメータによって評価するには限界があると考えられるので、単にパラメータのみで評価せず、胸部写真と心胸郭比とを同時に用いるように、DPI と得られたパラメータとを同時に表示し、常にどのようなパラメータが肺内血流分布を評価するに最も望ましいか、今後も検討を重ねることが必要と考えられる。

## 要 約

僧帽弁置換成績の客観的評価のために、肺内血流分布を利用し得るか否かを検討した。すなわち、Tc 99 m-MAA による肺血流像を等カウント域像 (digital perfusion images: DPI) とし、100~70% 等カウント域を高肺血流域として、右肺正面像における高肺血流域のパターンによって、肺内血流分布を評価した。

対象は、術前、高肺血流域が上肺野にみられた僧帽弁狭窄症 32 例で、遠隔期評価は平均 18 ヶ月後 (12~23 ヶ月) に行った。

遠隔期に、下肺野に高肺血流域の出現をみた 21 例 (A 群) では、全例、臨床症状の改善をみた。11 例では高肺血流域が下肺野に限局していた。5 例では術後 1 年以降にも肺内血流分布の改善が生じた。

遠隔期に下肺野に高肺血流域が出現しなかった 11 例 (B 群) のうち、6 例では臨床症状の改善が不十分であった。

いずれの群でも、弁置換後に血行動態の改善をみ、B 群で術後の肺血管抵抗が高い以外、両群間には有意な血行動態上の差がみられなかった。

DPI により評価した肺内血流分布と臨床症状改善との間には、良好な関連が示唆された。術後遠隔期における DPI パターンはさまざまなので、これによって術後の状態を客観的かつ鋭敏に評価し得る可能性が示唆された。したがって、非観血的かつ容易なこの方法は、画像診断法とし

て、僧帽弁置換成績の客観的評価に有用であると  
考えられる。

#### 文 献

- 1) Selzer A, Coiin KE: Natural history of mitral stenosis: A review. *Circulation* **45**: 878-890, 1972
- 2) Rapaport E: Natural history of aortic and mitral valve disease. *Am J Cardiol* **35**: 221-227, 1975
- 3) Dollery CT, West JB: Regional uptake of radioactive oxygen, carbon monoxide and carbon dioxide in the lungs of patients with mitral stenosis. *Cir Res* **8**: 765-771, 1960
- 4) Friedman WF, Braunwald E: Alteration in regional pulmonary blood flow in mitral valve disease studied by radioisotope scanning. A simple non-invasive technique for estimation of left atrial pressure. *Circulation* **34**: 363-376, 1966
- 5) Tanaka T, Hirosawa K, Maki M, Kusakabe K, Yamazaki T: Classification of the patients with mitral stenosis by using patterns of DPI (digital perfusion images). *Jpn J Nucl Med* **17**: 325-329, 1980 (in Japanese)
- 6) Tanaka T, Hirosawa K, Maki M, Kusakabe K, Yamazaki T: Changes of DPI (digital perfusion images) after mitral valve replacement. *Jpn J Nucl Med* **17**: 331-335, 1980 (in Japanese)
- 7) Tanaka T, Hirosawa K, Maki M, Kusakabe K, Yamazaki T: Two injection method and stress-DPI. *Jpn J Nucl Med* **18**: 379-384, 1981 (in Japanese)
- 8) Tanaka T, Kimata S, Hirosawa K, Maki M, Kusakabe K, Yamazaki T: Characteristics of digital perfusion images (DPI) in mitral stenosis. *Jpn J Nucl Med* **19**: 223-237, 1982 (in Japanese)
- 9) Tanaka T, Kimata S, Sekiguchi M, Hirosawa K, Maki M, Kusakabe K, Tazaki E, Yamazaki T: Characteristics of pulmonary perfusion in coronary artery disease. Noninvasive estimation with digital perfusion image (DPI). *Jpn J Nucl Med* **20**: 641-650, 1983 (in Japanese)
- 10) Bjoerk VO, Henze A: Ten years' experience with the Bjoerk-Shiley tilting disc valve. *J Thorac Cardiovasc Surg* **78**: 331-342, 1979
- 11) 田中 健, 木全心一, 広沢弘七郎, 牧 正子, 日下部きよ子, 田崎瑛世, 亀掛川孝司, 金谷信一, 荒井一, 小幡弘幸, 平沢美嗣, 竹山 守, 山崎統四郎, 八木春行: Micro View System (TOSHIBA). パソコンによる核医学画像処理装置. *映像情報* **13**: 1365-1370, 1981
- 12) Tanaka T, Takahashi S, Kusumoto M, Kimata S, Kondo M, Maki M, Kusakabe K, Yamazaki T: Evaluation of mitral valve replacement using digital perfusion images (DPI). *J Tokyo Womens Med Coll* **50**: 391-395, 1980 (in Japanese).
- 13) Tanaka T, Kimata S, Kondo M, Hirosawa K, Hashimoto A, Hayashi H, Koyanagi H, Yamazaki T: Estimation of cardiac function after mitral valve replacement by using stress digital perfusion images (stress-DPI). *Kyobu-Geka* **33**: 665-671, 1980 (in Japanese)
- 14) Giuntini C, Marani M, Barsotti A, Fazio F, Santolicandro A: Factors affecting regional pulmonary blood flow in left heart valvular disease. *Am J Med* **57**: 421-436, 1974
- 15) Kral B, Krivkova I, Endrys J, Prochazka J, Kubicek J, Jurin I, Belobradek Z, Kosmak I, Kvasnicka J: Regional pulmonary blood flow after mitral valve surgery. *Br Heart J* **35**: 1196-1201, 1973
- 16) Murata H: Evaluations of the lung scintiscanning before and after operation for valvular heart disease. Especially in relationship between U/L ratio of the distribution of the pulmonary blood flow and hemodynamic changes. *J Jpn Ass Thorac Surg* **25**: 1035-1048, 1977 (in Japanese)
- 17) Fudemoto Y: Comparative assessment of pre- and postoperative pulmonary circulation in patients with mitral stenosis and mitral regurgitation. *J Jpn Ass Thorac Surg* **26**: 13-26, 1978 (in Japanese)