

## 〔特別掲載〕

心エコー図による先天性心疾患の血行動態的診断  
第2編：手術前後の房室弁の振幅，大動脈・左房径の相関

東京女子医科大学日本心臓血圧研究所循環器小児科（主任：高尾篤良教授）

清水 克 男  
シズミズ カツオ オ

(受付 昭和53年6月15日)

**Hemodynamic Diagnosis of Congenital Heart Disease Using  
Echocardiography****Part 2: Pre-and Post-Operative Correlations Among the Excursion of  
Atrio-ventricular Valve, the Dimension of Aorta and  
of Left Atrium****Katsuo SHIMIZU, M.D.**Department of Pediatric Cardiology, (Director: Prof. Atsuyoshi TAKAO)  
The Heart Institute of Japan, Tokyo Women's Medical College

In general, the practical application of echocardiography for congenital heart disease (CHD) have been mainly directed to anatomical diagnosis.

In this study, an attempt was made to detect hemodynamic changes in CHD following operation. Echocardiogram were performed on 195 children ranging in age between 1/12 and 15 years.

The materials for study consisted of 55 cases of ventricular septal defect (VSD), 76 cases of tetralogy of Fallot (TOF), 39 cases of atrial septal defect, 25 cases of patent ductus arteriosus (PDA).

Comparison were made by the same way which was described in Part I, on the pre-and post-operative measurements.

The results were as follows.

- 1) Expected hemodynamic changes following operation have been expressed on UCG in each groups of disease.
- 2) Trend of the changes from pre-operative data to post-operative data in each disease was the same as that found in pre-and post-operative sequentially studied cases.
- 3) As to post-operative change of AOD, rate of increase was well expressed on UCG as hemodynamically expected, however, rate of decrease of AOD was reflected less in degree despite post operative hemodynamic change.
- 4) The group of tetralogy of Fallot and atrial septal defect revealed marked changes between pre-and post-operative measurements on TVE/MVE.

## I. 緒 言

心エコー図の先天性心疾患（以下 CHD と略す）の診断や機能検査への応用は、その種々の優れた特徴の故に広く一般に普及しているが、その主流は診断面に偏っており、手術の前後での血行動態の変化をみているものは少ない。

今回は、第1編で述べた血行動態を表わしていると思われる指標<sup>1)</sup>が、手術によつてどのように変化するかについて検討してみた。

前回と同様、心室中隔欠損症 (VSD)、ファロー四徴症 (TOF)、心房中隔欠損症 (ASD)、動脈管開存症 (PDA) につき、各々比較検討をしてみたところ、手術による血行動態の変化に伴つて、これらの指標が予測される通りに変つていることが判つた。

この方法は、手術後の経過観察の面でも有用な指標と思われるので報告する。

## II. 対 象

対象は、手術によつて確定診断の得られた VSD 55例（術前33例，術後22例），TOF 76例（術前48例，術後28例），ASD 39例（術前27例，術後12例），PDA 25例（術前18例，術後6例），総計195例であり、年齢は1カ月より14歳に及び、平均  $5\frac{3}{12}$ 歳である。

また同一の患者で、手術前後の比較を行えたのは、VSD 13例，TOF 16例，ASD 7例，PDA 4例，計40例である。

## III. 装置と方法

装置は東芝製 Sonocardiograph 01-A を使用し、すべて Strip Chart Recorder に記録した。

測定の方法は、前回<sup>1)</sup>と同様に行なつた。得られた結果についての比較は、手術前と手術後について、以下のごとく3通りの方法で行なつた。

I) 諸指標 (TVE/MVE, AoD/LAD, MVE/LAD, TVE/LAD, AoD/MVE, AoD/TVE) の変化を、上述の各疾患の術前集団と術後集団とで比較したものの [対比 I]。

II) 同一の患者について術前、術後を比較したものの [対比 II]。

III) 同一の患者について MVE, TVE, AoD, LAD

の手術による変化の割合（手術後—手術前/手術前×100%）を、各疾患別に比較したもの [対比 III]，とした。

手術前は原則として手術数日前に、手術後は、心肺動態の安定した2週間後に、それぞれ検査を行なつた。

心エコー図の記録および計測は、条件の違いによる誤差をできるだけ少なくするために、前回と同様にすべて同一人が行なつた。

## IV. 結 果

各測定値を比較した結果は、以下対比 I ([I-A]~[I-F]，図 I-A~I-F)，対比 II ([II-A]~[II-F]，図 II-A~II-F)，対比 III ([III-A]~[III-D]，図 III-A~III-D) に示された図のごとくであつた。

### ◀対比 I▶

$$[I-A] \frac{\text{三尖弁最大振幅}}{\text{僧帽弁最大振幅}} \left( \text{以下 } \frac{\text{TVE}}{\text{MVE}} \right)$$

図 I-A のごとく、症例数の少ない PDA を除くと、VSD, TOF, ASD の各々において、可成りはつきりした変化が認められた、すなわち VSD と TOF は、平均値 ( $\bar{m}$ ) および標準偏差 ( $\sigma$ ) がそれぞれ  $0.88 \pm 0.06$  と  $1.33 \pm 0.11$  から、 $0.94 \pm 0.08$  と  $0.95 \pm 0.05$  へ術後、正常値に近づくことが示され、また ASD では  $\bar{m}$  が 1 以上から、1 以下へ逆転する傾向を示した。

$$[I-B] \frac{\text{大動脈径}}{\text{左房径}} \left( \frac{\text{AoD}}{\text{LAD}} \right)$$

図 I-B のごとく、VSD と TOF と PDA では、 $\bar{m}$  および  $\sigma$  が、術前それぞれ  $0.72 \pm 0.15$ ， $1.49 \pm 0.21$ ， $0.91 \pm 0.03$  から、術後それぞれ  $1.0 \pm 0.14$ ， $1.09 \pm 0.16$ ， $1.0 \pm 0.20$  へ正常化しているのが認められた。

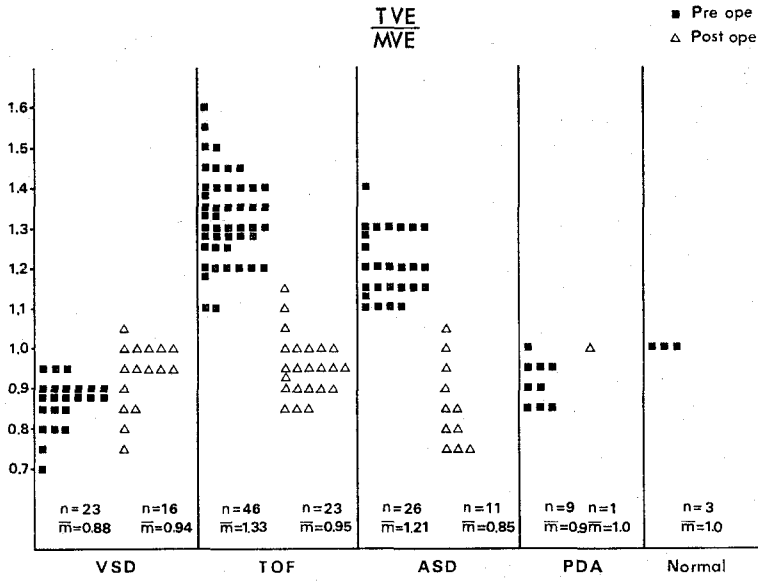
また、ASD では術前術後の明確な変化は認められなかつた。

$$[I-C] \frac{\text{僧帽弁最大振幅}}{\text{左房径}} \left( \frac{\text{MVE}}{\text{LAD}} \right)$$

図 I-C のごとく、疾患群のすべてにおいて、手術前後での明確な変化は認められなかつた。

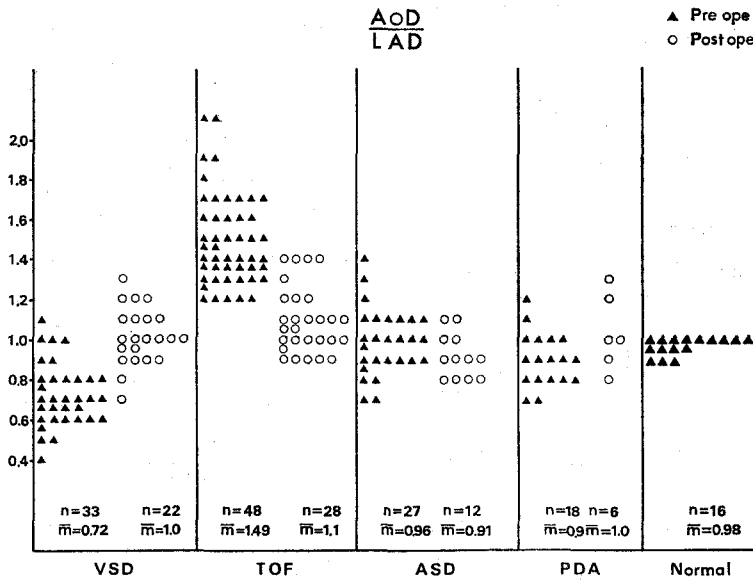
$$[I-D] \frac{\text{三尖弁最大振幅}}{\text{左房径}} \left( \frac{\text{TVE}}{\text{LAD}} \right)$$

図 I-D のごとく、症例数の少ない PDA を除くと、VSD, TOF, ASD の各々がすべて 1 に近い



☒ I-A

$\frac{TVE}{MVE}$  : 三尖弁最大振幅 / 僧帽弁最大振幅  
 ■ : 手術前      △ : 手術後



☒ I-B

$\frac{AoD}{LAD}$  : 大動脈徑 / 左房徑  
 ▲ : 手術前      ○ : 手術後

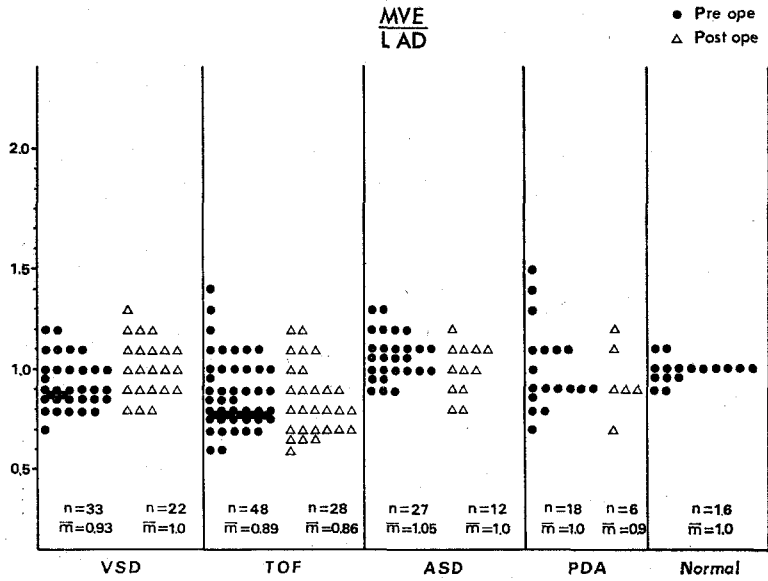


图 I-C

$\frac{MVE}{LAD}$  : 僧帽弁最大振幅 / 左房径  
 ● : 手术前      △ : 手术后

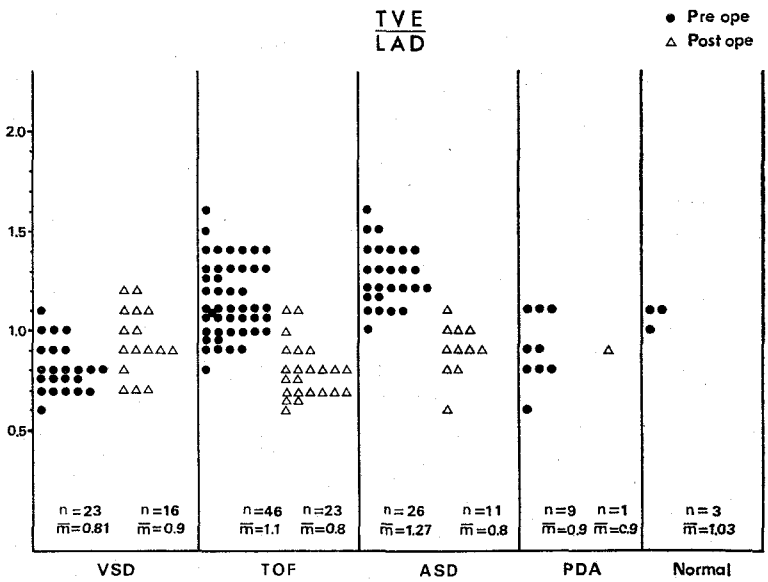


图 I-D

$\frac{TVE}{LAD}$  : 三尖瓣最大振幅 / 左房径  
 ● : 手术前      △ : 手术后

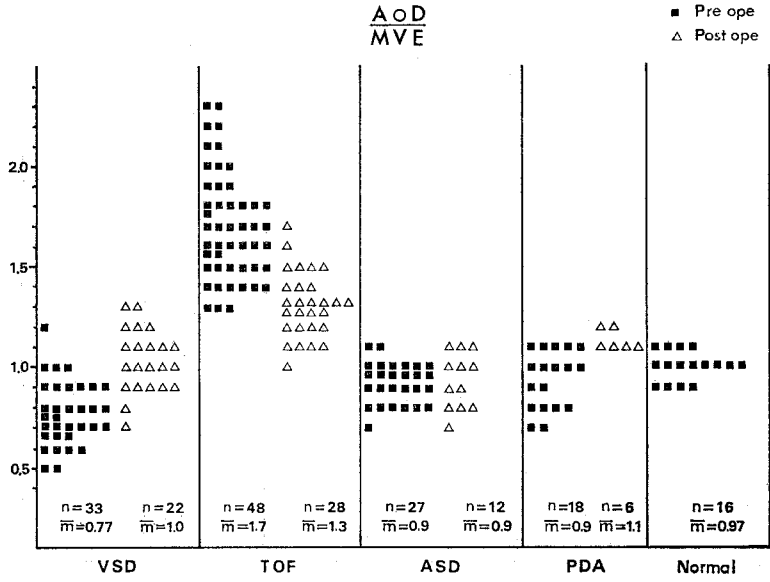


図 I-E

$\frac{AoD}{MVE}$  :  $\frac{\text{大動脈径}}{\text{僧帽弁最大振幅}}$   
 ■ : 手術前      △ : 手術後

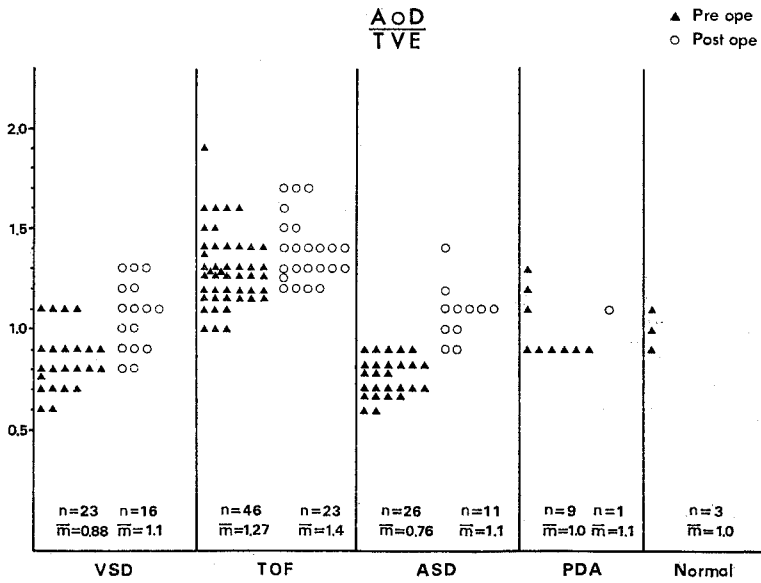


図 I-F

$\frac{AoD}{TVE}$  :  $\frac{\text{大動脈径}}{\text{三尖弁最大振幅}}$   
 ▲ : 手術前      ○ : 手術後

値に集中するのが認められた。

$$[I-E] \frac{\text{大動脈径 (AoD)}}{\text{僧帽弁最大振幅 (MVE)}}$$

図 I-E のごとく、VSD と TOF では、 $\bar{m}$  と  $\sigma$  が術前それぞれ  $0.77 \pm 0.14$  と  $1.7 \pm 0.24$  から、術後  $1.0 \pm 0.15$  と  $1.31 \pm 0.17$  へ正常値に近づくことがはつきりと認められるのに反し、PDA では術前  $0.92 \pm 0.11$  から、術後  $1.1 \pm 0.08$  へと逆に 1 以上を示した。

また、ASD では明確な変化は認められなかった。

$$[I-F] \frac{\text{大動脈径 (AoD)}}{\text{三尖弁最大振幅 (TVE)}}$$

図 I-F のごとく、症例数の少ない PDA を除いて、VSD と ASD では  $\bar{m}$  と  $\sigma$  が、術前それぞれ  $0.86 \pm 0.14$  と  $0.76 \pm 0.08$  から、術後  $1.1 \pm 0.17$  と  $1.1 \pm 0.13$  へ正常値に近づいていた。

また TOF では、明確な変化は認められなかった。

《対比 II》

$$[II-A] \frac{\text{TVE}}{\text{MVE}}$$

図 II-A のごとく、手術によって肺体血流量比 (Qp/Qs) が 1.0 に接近するために僧帽弁を通る血

液量が術前に比し減少する VSD では全例増加し、逆に Qp/Qs が術後増加して 1.0 に近づき、僧帽弁を通る血液量が術後増える TOF では、全例減少を示した。

ASD では Qp/Qs = 1 になるにつれて三尖弁を通る血液量が減少するが、一定の傾向は認められなかった。

$$[II-B] \frac{\text{AoD}}{\text{LAD}}$$

図 II-B のごとく、手術によって大動脈を通る血液量が術前に比べて増加し、左心房を通る血液量が減少する VSD では全例増加した、これと正反対の血行動態の変化を示すと考えられる TOF では、逆に全例減少を示した。ASD では明確な変化は認められなかった。

$$[II-C] \frac{\text{MVE}}{\text{LAD}}$$

図 II-C のごとく、全疾患群において、増加例と減少例が混在し、いずれも一定の傾向を示さなかった。

$$[II-D] \frac{\text{TVE}}{\text{LAD}}$$

図 II-D のごとく、手術によって Qp/Qs が 1.0

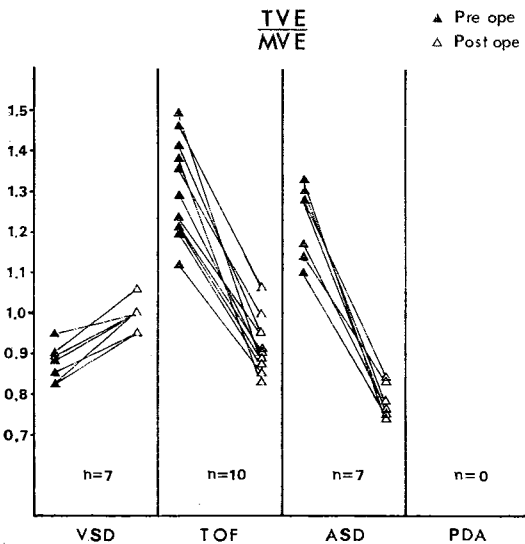


図 II-A

$\frac{\text{TVE}}{\text{MVE}}$  :  $\frac{\text{三尖弁最大振幅}}{\text{僧帽弁最大振幅}}$   
 ▲ : 手術前      △ : 手術後

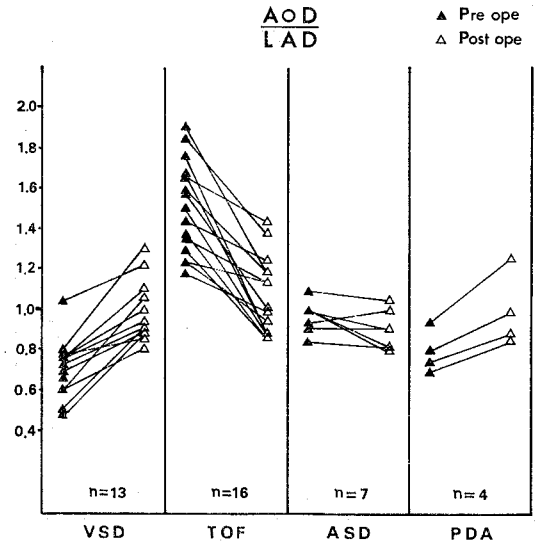


図 II-B

$\frac{\text{AoD}}{\text{LAD}}$  :  $\frac{\text{大動脈径}}{\text{左房径}}$   
 ▲ : 手術前      △ : 手術後

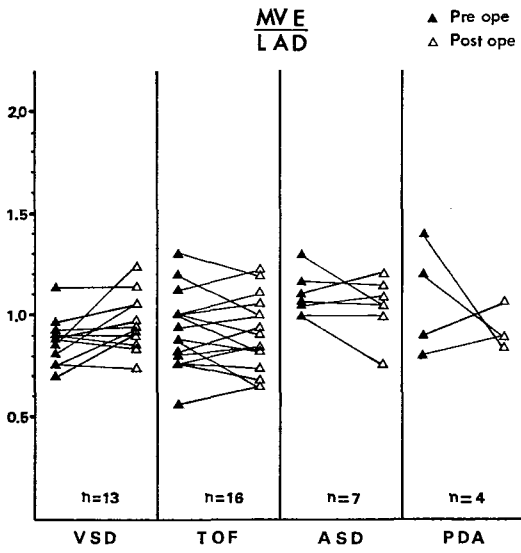


图 II-C

$\frac{MVE}{LAD}$  : 僧帽弁最大振幅 / 左房径  
 ▲ : 手術前    △ : 手術後

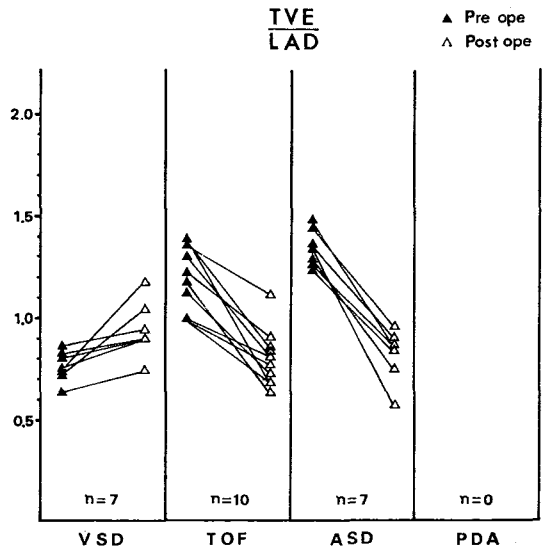


图 II-D

$\frac{TVE}{LAD}$  : 三尖弁最大振幅 / 左房径  
 ▲ : 手術前    △ : 手術後

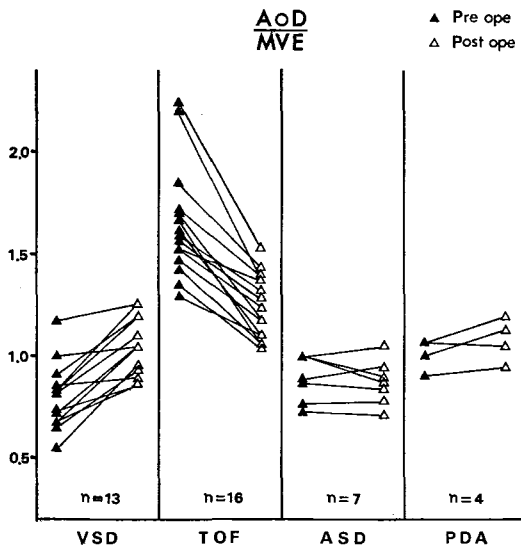


图 II-E

$\frac{AoD}{MVE}$  : 大動脈径 / 僧帽弁最大振幅  
 ▲ : 手術前    △ : 手術後

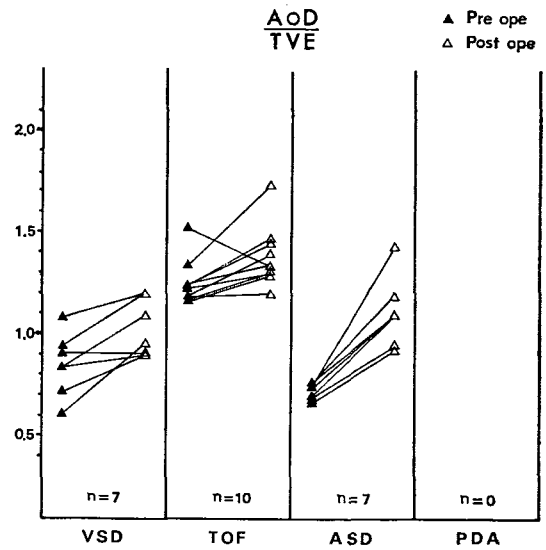


图 II-F

$\frac{AoD}{TVE}$  : 大動脈径 / 三尖弁最大振幅  
 ▲ : 手術前    △ : 手術後

に接近し、術後僧帽弁を通る血液量が減少する VSD では全例増加し、逆に術後僧帽弁を通る血液量が増加する TOF と ASD では全例減少を示した。

$$\left[ \frac{II-E}{MVE} \right] \frac{AoD}{MVE}$$

図 II-E のごとく、手術によつて大動脈を通る血液量が増加し、僧帽弁を通る血液量が相対的に

減少すると考えられる VSD では全例増加を示した。

術後僧帽弁を通る血液量が、相対的に増加すると考えられる TOF では、逆に全例減少を示した。

大動脈と僧帽弁を流れる血液量が両者とも増加すると考えられる ASD では、一定の変化は認め

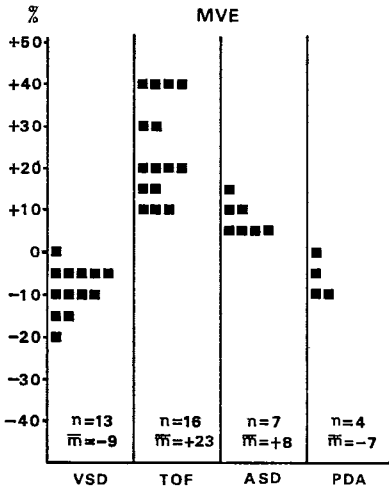


図 III-A 僧帽弁最大振幅の変化率 (%)  
MVE: 僧帽弁最大振幅

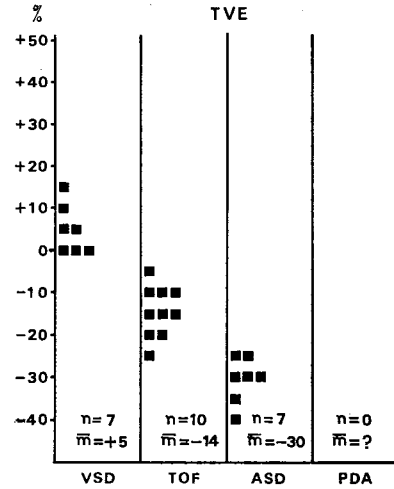


図 III-B 三尖弁最大振幅の変化率 (%)  
TVE: 三尖弁最大振幅

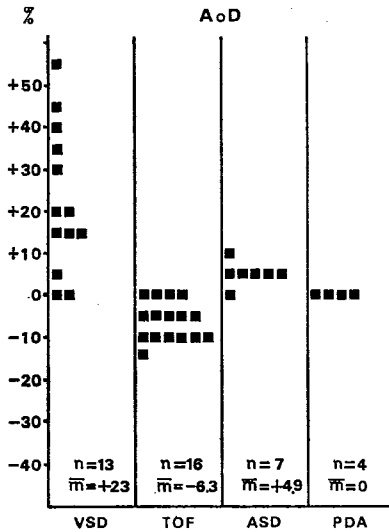


図 III-C 大動脈径の変化率 (%)  
AoD: 大動脈径

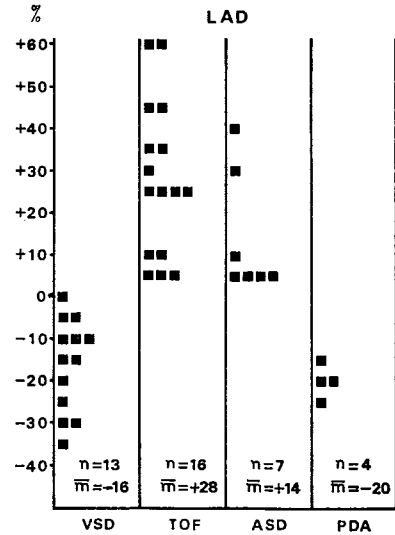


図 III-D 左心房径の変化率 (%)  
LAD: 左心房径



られなかつた。

$$[\text{II-F}] \frac{\text{AoD}}{\text{TVE}}$$

図II-Fのごとく、手術によつて大動脈を通る血液量が増加し、三尖弁を通る血液量が減少すると考えられる ASD では、全例増加を示した。

また、術後 Qp/Qs が1.0となり、大動脈と三尖弁を通る血液量が等しくなると考えられる VSD と TOF では、VSD で全例増加、TOF で1例を除き増加傾向を示した。

### 《対比Ⅲ》

#### 〔Ⅲ-A〕 MVE の変化率

図Ⅲ-Aのごとく、手術前心室位または大血管位で左→右短絡のあつた VSD と PDA では、全例減少の傾向を示し、逆に手術前心室位で右→左短絡のあつた TOF と、心房位で左→右短絡のあつた ASD では、僧帽弁を通る血液量が増加するのを反映して、全例増加しているのが認められた。

#### 〔Ⅲ-B〕 TVE の変化率

図Ⅲ-Bのごとく、PDA を除く各疾患群において、予測されたように、結果〔Ⅲ-A〕 MVE の変化率と、全く逆の結果が得られた。

すなわち、これらの疾患においては、三尖弁と僧帽弁を通る血液量の和は一定、と考えられるためである。

ASD では、結果〔Ⅲ-A〕 MVE の変化率に比べて変化する範囲が狭いことが認められた。

#### 〔Ⅲ-C〕 AoD の変化率

図Ⅲ-Aのごとく、手術前心室位または心房位で左→右短絡のあつた VSD と ASD では増加し、逆に手術前心室位で右→左短絡のあつた TOF では減少する傾向が認められた。

PDA では、明確な変化は認められなかつた。

また、VSD のみに変化率の幅の広いことが認められた。

#### 〔Ⅲ-D〕 LAD の変化率

図Ⅲ-Dのごとく、手術前心室位、大血管位で左→右短絡のあつた VSD と PDA では減少し、逆に手術前心室位で右→左短絡のあつた TOF、および手術前心房位で左→右短絡のあつた ASD で

は、増加しているのが明確に認められた。

## V. 考 按

心エコー図による CHD の検査は、非侵襲的で繰返し行うことができる上に、ポータブル装置を使用することにより、手術後の患者の Bed side でも容易に検査できるなどの特徴があり、手術後の患者の経過をみる上でも、術前診断におけると同様に有用である。

しかし、これまで CHD の手術前後の変化に関して、心エコー図を応用した報告は少なく、わずかに、PDA で AoD/LAD の比をみたもの<sup>2)3)</sup>と、右室容積負荷を来たす疾患について、心室中隔の奇異性運動の変化をみたもの<sup>4)</sup>がある程度である。

ここで、手術による変化について検討することは有意義と思う。

著者は前回の術前診断への応用に引き続き、手術後の血行動態を評価する上での、諸指標<sup>1)</sup>の有用性について検討してみた。

以下測定方法や得られた結果について考察を加えてみる。

#### 1. 手術後測定時期の決め方。

手術直後より、経時的に経過を追つてみようとする時、描録、測定条件上、次の事項が問題となつた。

1) 術瘡およびそれをカバーしているガーゼによって Transducer を置く位置ならびに方向に制約を受けること。

2) Respirator の使用や酸素投与などにより、血行動態の上で、それらの影響が十分考えられること。

3) 術後急性期、特に TOF の場合には、Catecholamin, 利尿剤などを使用しており、これらの薬剤の影響が大きいと考えられること。

4) 術後の体位、心の偏位、横隔膜位、各種ドレーンの挿入など、心外条件の介在。

5) 術直後から数時間～数日間におよび血行動態が不安定を示すことがあること。

以上のような条件の違いによる誤差をなるべく少なくするために、術後急性期を過ぎた時点とし

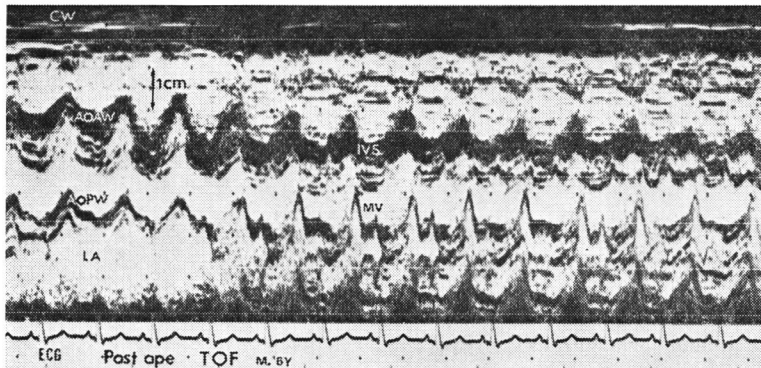
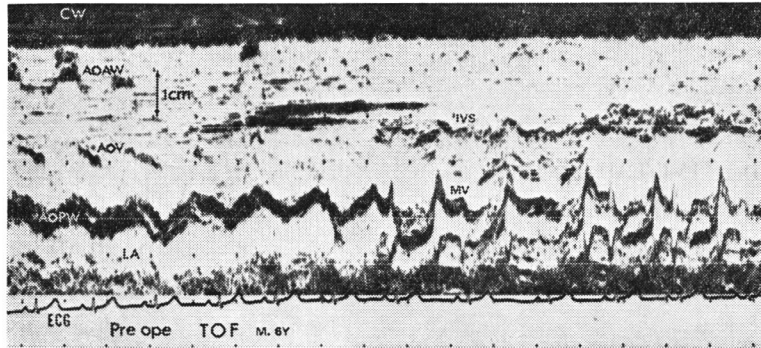


図 IV-A,B 大動脈基部より僧帽弁に向つての M mode scan を、手術前 (IV-A), 手術後 (IV-B) に行なつた心エコー図を示す。

CW : 胸壁 IVS : 心室中隔 AoAW : 大動脈前壁 MV : 僧帽弁  
AoPW : 大動脈後壁 LA : 左心房 AoV : 大動脈弁 ECG : 心電図

て、術後 2 週間頃を測定の大基準と定めた。

## 2. 得られた結果について

### 1) 結果 [I-A] (TVE/MVE) および [II-A] (TVE/MVE : 同一人で比較)

心エコー図上の房室弁の振幅が、その弁を通る血液量と密接な関係にあることが、同一患者の手術前後の比較においてもいえることが示された。

すなわち、予定された手術の目的に従つて血行動態が正常化したと考えられる患者においては、選んだすべての疾患群において、血行動態上推測される通りの値を示すことが判つた。

### 2) 結果 [I-B] (AoD/LAD) および [II-B] (AoD/LAD : 同一人で比較)

術前と比べ、術後 Qp/Qs が正常化し、大動脈

と左房径との関係が逆転することが予測される VSD および PDA と TOF とでは、その通りの結果を示していた。

ASD では、術後 AoD と LAD とが共に増加していることから変化率も少なく、一定の傾向はみられなかつた。

なお、ASD の場合、手術後右室容積負荷がとれても心室中隔の奇異性運動は消失しない、といつた報告<sup>5)6)</sup>はみられるが、本報告のごとく、心エコー図上で手術後 LAD が増大することを述べたものは殆ど見当たらない。

### 3) 結果 [I-C] (MVE/LAD) および [II-C] (MVE/LAD : 同一人で比較)

僧帽弁最大振幅と左房径との関係は、第 1 編で

述べたごとく、 $MVE \approx LAD$  が当てはまると考えられる。すなわち ASD を除くと、手術の前後を問わず左房を流れる血流はそのまま僧帽弁を流れているからである。

4) 結果〔I—D〕(TVE/LAD) および〔II—D〕(TVE/LAD: 同一人で比較)

結果〔I—A〕, 〔II—A〕に似た傾向を示しているが、これも  $MVE \approx LAD$  を当てはめると納得できることと思われる。

5) 結果〔I—E〕(AoD/MVE) および〔II—E〕(AoD/MVE: 同一人で比較)

これも結果〔I—B〕, 〔II—B〕に似た傾向を示しているが、同様に  $MVE \approx LAD$  で説明してよいと思われる。

6) 結果〔I—F〕(AoD/TVE) および〔II—F〕(AoD/TVE: 同一人で比較)

特に結果〔II—F〕において、1例のみ特異的に反対の動きを示しているが、この例は手術後の心臓カテーテル検査で、明らかな三尖弁閉鎖不全症(TI)が残存していることが証明された例で、術後右心不全が強く一般状態の回復に多くの日数を要した例であつた。したがって AoD/TVE が術前に比べて低値を示した。

このことより、術後の予測値から偏っていた場合には、特異例の発見の助けになるとと思われる。

7) 結果〔III—A〕(MVE: 術後—術前/術前) および〔III—B〕(TVE: 術後—術前/術前)

TVE が計測し難かつた PDA を除くと、MVE と TVE の変化率の間には予測される通り、ほぼ逆相関が存在することが示されていた。

ただ特に ASD の場合に、MVE の増加する割合と、逆に TVE の減少する割合とに差が認められた。

これについては、手術前にあつた心臓の時計方向の回転が正常に近づき、三尖弁の最大振幅が記録し難くなる、ということが影響しているものと考えられる。

8) 結果〔III—C〕(AoD: 術後—術前/術前)

VSD における AoD の術後の増加率が著明であつた。一方、同じく術後の増加を示す ASD の場

合は軽度の増加率であつた。

形態形成的、解剖学的に比較的大動脈の大きい TOF と PDA では、術後の血行動態の機能的変化が解剖学的に表現されることは少なく、特に PDA では変化が殆んど認められなかつた。これは Silverman ら<sup>2)</sup>の報告と同様である。

9) 結果〔III—D〕(LAD: 術後—術前/術前)

MVE の変化率(結果〔III—A〕)と、似た傾向を示していたが、変化率の幅の広いことが目立っていた。

これは上述の大動脈の縮少変化が非常に少ないことと対照的で、左房の大きさが、左房への還流血流量を如実に反映していることを示しているといえよう。

上述の指標の応用は、手術がその対象とした疾患の血行動態を正常化する如く行われた場合、UCG がその手術の効果の判定に役立つことを示している。

一方、術後予測される値から偏つた値を示した場合には、考按(6)で示した如く、何らかの合併症や残遺症、続発症を疑う根拠にもなり得ると思われる。

図—IVは、今述べた症例の手術前後の心エコー図であるが、術後の左房の拡大と、MVE の増加が認められる。

## VI. 結 語

CHD の中から各々異つた血行動態を示す疾患として、VSD, TOF, ASD, PDA を選び、その各々について手術前後に、第1編で述べた方法で比較を行い、以下のような結果を得た。

1. 手術後には、各疾患群とも術前に予測される通りの変化を示していた。

2. 各疾患群についての術前計測値から、術後計測値への変化は、その疾患を有する同一人を; 術前術後にわたつて計測した値と同じであつた。

3. AoD の術後の増加率は、血行動態上予測される通りであつたが、減少率は血行動態の変化を余り反映していなかつた。

4. TVE/MVE において、術前後で TOF と ASD の変化が著明であつた。

終りに臨み、終始かわらずご指導ご鞭撻をいただきました高尾教授に深謝いたします。またご助言をいただきました小松、長井、中村の諸先生およびご協力をいただきました足立、菊地技師に感謝いたします。

(本論文の要旨は第14回日本小児循環器研究会において発表した)

#### 文 献

- 1) 清水克男：心エコー図による先天性心疾患の血行動態的診断。第1編 房室弁の振幅，大動脈・左房径の相関。東女医大誌 48 (1) 48～59 (1978)
- 2) Silverman, N.H., A. B. Lewis, M.A. Heymann and A.M. Rudolph: Echocardiographic assessment of ductus arteriosus shunt in premature infants. *Circulation* 50 821～825 (1974)
- 3) Baylen, B.G., R.A. Meyer, S. Kaplan, W.E. Ringenburg and J. Korfhagen: The critically ill premature infant with patent ductus arteriosus and pulmonary disease—an echocardiographic assessment. *J Pediatrics* 86 (3) 423～432 (1975)
- 4) Meyer, R.A., D.C. Schwartz, G. Benzing and S. Kaplan: Ventricular septum in right ventricular volume overload. *Amer J Cardiol* 30 349～353 (1972)
- 5) Tajik, A.J., G.T. Gan, D.G. Ritter and T.T. Schattner: Echocardiographic pattern of right ventricular diastolic volume overload in children. *Circulation* 46 36～43 (1972)
- 6) Kerber, R.E., W.F. Dippel and F.M. Abboud: Abnormal motion of the interventricular septum in right ventricular volume overload. *Circulation* 48 86～96 (1973)