

合成樹脂鑄型標本による冠内性副血行路 Intercoronary Collateral Anastomosis に関する研究

大阪医科大学外科学教室（指導 麻田榮教授）

竹 本 晋 三

〔原稿受付 昭和35年10月4日〕

目 次

I 緒 言

II 実験方法

A) 冠動脈系の合成樹脂鑄型標本作成法

- 1) 注入用合成樹脂作成法
- 2) 合成樹脂注入法
- 3) 樹脂の重合と組織の腐蝕水洗

B) 実験動物

- 1) 正常対照犬
- 2) 冠血流障害犬
- 3) Cardiopneumonopexy 施行犬

- 4) Cardiopericardiopexy 又は Beck I 手術施行犬

III 実験成績

- 1) 正常対照犬に於ける成績
- 2) 冠血流障害犬に於ける成績
- 3) Cardiopneumonopexy 施行犬に於ける成績
- 4) Cardiopericardiopexy 又は Beck I 手術施行犬に於ける成績

IV 考 察

V 結 論

AN EXPERIMENTAL STUDY ON INTERCORONARY COLLATERAL ANASTOMOSIS BY MEANS OF PLASTIC RESIN CAST

by

SHINZO TAKEMOTO

From the Department of Surgery, Osaka Medical College
(Director : Prof. SAKAE. ASADA)

INTRODUCTION

Pathological changes that occur in the myocardium following occlusion of a coronary branch are generally known to be circumscribed; they do not extend over the entire area which is being fed by the coronary branch.

To account for this clinico-pathologic fact, an assumption has been advanced towards the concept of intercoronary collateral anastomosis, which would develop between the coronary branches to alleviate such changes.

An attempt has been made by the author to construct in dogs a plastic resin cast of the coronary artery system. By means of the cast, the developing process of intercoronary anastomosis under various conditions was observed. Namely, normal

dogs, those with some disturbances of the coronary blood flow and those with the so-called myocardial revascularization procedures. As representatives of the revascularization methods, cardiopneumonopexy, cardiopericardiopexy and Beck I operation were chosen.

METHODS AND MATERIALS

A) Preparation of the resin cast of the coronary artery system: For this purpose, the monomer and polymer, the former being colored purposely, of the plastic resin methyl metacrylate were used. They were injected at the pressure of 140 mm Hg into the coronary artery system of the extirpated heart through the stump of the ascending aorta downwards to the orifice of the coronary artery. After the polymerization of the resin had been ensured, the heart was rinsed in hydrochloric acid to corrode away the myocardium. When this step was completed, the cast was ready for observation.

B) Experimental animals:

1) Normal dogs as the control.

2) Dogs with some impairment of the coronary blood flow: These dogs survived for longer than one month after the dissection or ligation of the anterior descending branch of the left coronary artery, or after the production of gradual occlusion—"GO-dogs" produced in our own laboratory.

3) Dogs subjected to cardiopneumonopexy: Modified cardiopneumonopexy, utilizing a congested lung and asbestos poudrage (ASADA) was performed as the representative of the surgery. Dogs so operated on were further divided into the following three subgroups:

i) Normal dogs that survived the surgery over one month.

ii) Those which survived over one month after ligation of the anterior descending branch which was superimposed onto the dogs in subgroup i).

iii) Those which survived over one month after simultaneous performance of both the cardiopneumonopexy and production of the GO.

4) Dogs subjected to either cardiopericardiopexy or Beck I operation: production of the GO was carried out simultaneously with either cardiopericardiopexy utilizing the asbestos poudrage or the Beck I operation. The latter is cardiopericardiopexy with the addition of coronary sinus stenosis. Survivors of these surgery for longer than one month were used.

All these dogs were sacrificed in order to obtain the resin cast of the coronary artery system.

RESULTS

1) The control dogs: Hardly any intercoronary collateral anastomosis was demonstrated between the anterior descending branch of the left coronary artery and the other branches, namely, the circumflex branch and the right coronary artery. Also when the heart was removed and the resin was injected into the aorta after ligation of the initial segment of the anterior descending branch, avascular

areas appeared in the portion fed by the anterior descending branch.

2) Dogs with some impairment of the coronary blood flow: Despite the presence of myocardial infarction, in dogs that survived longer than one month after dissection of the initial segment of the anterior descending branch, it was disclosed that the periphery of the dissected portion had been injected from the apex. Thus, gross intercoronary collateral anastomoses were being established between the circumflex branch and the anterior descending branch, fine anastomoses were also detected between the anterior descending branch and the right coronary artery.

In cases of GO-heart which had*been occluded at the initial segment of the anterior descending branch, fine anastomoses were found developed in considerable richness along the anterolateral wall of the left ventricle between the circumflex branch and the anterior descending branch distal to the occluded portion. Fine anastomoses of a considerable density were also apparent between the anterior descending branch and branches of the right coronary artery. In these cases no scar formations were noted in the myocardium being fed by the anterior descending branch.

3) Dogs with cardiopneumonopexy: In cases sacrificed one month after Asada's modified cardiopneumonopexy, an avascular area similar to that of control animals, were seen when the resin was injected after ligation of the anterior descending branch in its initial segment, thus no development of collaterals were noted.

The animals, with cardiopneumonopexy followed by ligation of the anterior descending branch one month later and then sacrificed in another one month or longer, showed no myocardial infarction; in these animals, the portion peripheral to the ligation of the anterior descending branch were injected from the circumflex branch through the intercoronary collateral anastomoses. These anastomoses were, both in the apex and along the anterior wall of the left ventricle, finer and of less density than those seen in cases of dogs with myocardial infarction.

Animals that survived the simultaneous performance of both cardiopneumonopexy and production of GO for over one month showed, as the controls did, scarcely any anastomoses between the anterior descending branch distal to the occluded portion and the other branches. Moreover, some of the resin oozed out from the heart surface from where the adhered lung had been removed.

These findings indicated the pre-existence of extracoronary collateral anastomoses between the lung and the heart.

4) Dogs with both cardiopericardiopexy and Beck I operation: These two types of operation were carried out simultaneously with the production of GO. In animals that survived after the procedure for longer than one month, the two types of operation yielded about identical results with respect to development of intercoronary collateral anastomosis: they showed fine intercoronary collateral anastomoses between the anterior descending branch and the circumflex branch along the anterior wall of the left ventricle. Development of these anastomoses were, however, of a lesser degree as compared with those of GO-dogs. Also noted in these cases were

partial oozing-out of the resin from the heart surface where the adhered pericardium had been abraded at the time of the injection, suggesting again the presence of an extracoronary collateral anastomoses.

SUMMARY AND CONCLUSION

It is now commonly maintained that the coronary artery is not a terminal artery and that fine intercoronary blood vessel communications do exist even in the normal heart. The resins used in the present investigation did not pass into these anastomoses of such a minute calibre, but only into those larger than 60 microns which had developed to meet requirements of the ischemic myocardium.

The results obtained were as follows:

1) No signs of intercoronary collateral anastomoses were demonstrated in the normal heart.

2) Marked development of intercoronary collateral anastomoses was noted in the heart whose blood flow of the anterior descending branch had been disturbed. In other words, dense intercoronary collateral anastomoses were recognized between the anterior descending branch and the circumflex branch at the apex of the heart with a myocardial infarction; fine intercoronary collateral anastomoses were noticeable also between the anterior descending branch and the right coronary artery.

3) Normal dogs showed, after the performance of modified cardiopneumonopexy of ASADA, no development of intercoronary collateral anastomoses.

On the other hand, dogs with ligation of the anterior descending branch subsequent to ASADA's operation disclosed positive development of intercoronary collateral anastomoses. These anastomoses, however, far less in density as compared with those seen in dogs with myocardial infarction.

4) No intercoronary collateral anastomoses were apparent in cases of GO-dogs with modified cardiopneumonopexy. This suggests that the protective effects of this cardiopneumonopexy against GO is the presence of extracoronary collateral blood flow.

5) Development of intercoronary collateral anastomoses was also apparent in GO-dogs with either cardiopericardiopexy or BECK I operation. This seems to justify the assumption that protective effects of these two procedures are attributable not only to extracoronary, but also to intercoronary collateral blood flow.

I 緒 言

一般に心筋梗塞乃至狭心症の原因は、冠動脈の閉塞や狭窄等によつて冠血流の途絶乃至不足を來し、そのため配下の心筋に乏血が生じることにあるとされている。しかし乍ら、冠動脈の閉塞が存在しても、その支配下の心筋に必ずしも梗塞等の器質的な病変が現われるとは限らず、且つ心筋梗塞が現われた場合でも、その範囲は閉塞が存在する冠動脈の支配域に比較してむ

しろ小さいことが多いという事実が一般に知られている¹⁾。

この理由としては、周囲の冠動脈枝から閉塞動脈支配下の心筋へ向う冠内性副血行路 Inter coronary Collateral Anastomosis (= Inter coronary Collaterals) が存在し、この副血行路によつて心筋の乏血が或る程度緩和される故であることが、Schlesinger²⁾の冠動脈の血管造影像の研究によつて明かにされた。

元來、冠動脈系は終末動脈と考えられていたが、今

世紀の初期から、機能的には終末動脈であるが解剖学的には冠動脈相互の間には血管吻合Fine Intercoronary Blood Vessel Communicationが存在するといわれるようになり、更に上述の如く臨床病理学的にも冠動脈枝相互の間に血管吻合の存在が立証され、心筋の一部の乏血状態が刺激となつて副血行路が発達し、これが機能的にも価値を発揮するようになると考えられるに至つた。

一方では1935年以来³⁾、冠動脈疾患に対する外科的療法の研究が行われ、乏血部の心筋に対して血液の導入を企図する術式 Myocardial Revascularization が次々に発表された。その代表的なものとして、心膜⁴⁾、肺⁵⁾、大網⁶⁾等⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾を用いる各種の“Cardiopexy”があり、これらの術式のねらいは乏血部の心筋表面に上述の各種の体循環組織を癒着せしめ、その癒着組織から、いわゆる冠外性の副血行Extracoronary Collateral Blood Flowを心筋内へ導入しようとするものである。ところが Beck 等¹²⁾は、いわゆる Backflow (Mautz-Gregg)の測定によつて、かかる手術が行われた場合には冠内性副血行路が発達することを推定し、冠不全に対する“Cardiopexy”の作用機序としては、むしろこの冠内性副血行が主役を演ずるものであると強調しているのである。

著者は、この冠内性副血行路の発達状態を、更めて形態学的に検討せんことを志し、犬を用いて、正常な心臓、冠動脈血流が障害された心臓、Myocardial Revascularizationを企図する手術が施行された心臓等について、冠動脈系の合成樹脂鑄型標本を作成して立体的な観察を行い、以下に述べる如き興味ある知見を得た。

Ⅱ 実験方法

A) 冠動脈系の合成樹脂鑄型標本作成法

1) 注入用合成樹脂作成法

著者は本実験に、重合迄の操作が比較的簡単な Methyl Metacrylate を用いた。即ち、Metacrylate の単量体 Monomer 及びその重合体 Polymer を用い、Polymer には300 mesh 以上の血管用微細粉末を選んだ。調合は京大結研第1法¹³⁾に準じて、Monomer : Polymer = 3 : 1 ~ 5 : 1 の割合とし、Monomer を市販の油絵具にて Blue 及び Red に着色した。この両者は調合すると、直後から徐々に重合を開始して粘稠の度が増加し始めるので、予め冠血管系への注入準備を整えておいた後に、上述の如くに調合し、手早く注

入を行つた。

2) 合成樹脂注入法 (図1)

注入には図1, aに示す如き加圧注入器を用い、常に120~140mmHgの圧を以つて注入した。

(i) 全冠動脈系へ一色の合成樹脂を注入する方法：

剔出心臓に附着している上行大動脈の断端から、図1, bの如く樹脂を大動脈弁口へ向い注入した。一色の樹脂液は左右冠動脈口から各枝に注入されたが、その一部は左心室及び左心房内に逆流したので、左右肺静脈を結紮することにより液の漏れるのを防いだ。

(ii) 左冠動脈前下行枝と他の枝とを色分けして注入する方法：

図1, cに示す如く、尖端の鈍な注射針を大動脈から左冠動脈口を経て前下行枝内に挿入し、この針を前下行枝起始部に於いて血管とともに外から絹糸を以つて結紮固定した後、先ず赤色の樹脂液を前下行枝内へ注入した。次いで上述の絹糸を緊め乍ら針を抜き、改めて大動脈断端から今度は青色の樹脂を前下行枝以外の枝へ注入し、樹脂液が硬化する以前に上述の前下行枝起始部の絹糸を解除した。かくて、赤色と青色の樹脂は前下行枝起始部に於いて連続し、即ち、全冠動脈系が連続的に注入され、間もなく硬化が始まつた。

3) 樹脂の重合と組織の腐蝕水洗

注入後に樹脂が起こす重合反応は、過酸化物等の重合促進剤や、紫外線、熱等によつて促進されるが、注入前から重合促進剤を配合すると、注入操作中に既に重合が進行して粘稠度を増し、血管の末梢まで十分に注入されないことがある。そこで著者は、かかる重合促進剤は使用せず、注入後心臓を30~40℃の微温湯中に24~48時間浸漬することによつて重合硬化を促すに止めた。かくして重合が進行して大動脈起始部まで充分硬化したことが確かめられたならば、次いで標本を銀線で懸垂しつゝ濃塩酸内に浸漬して不要な周囲組織を腐蝕溶解せしめた。一般に腐蝕剤としては40%苛性ソーダが用いられているが、これによると脂肪組織が鹼化されて樹脂表面に附着し美しい標本が得られないので、著者は塩酸を使用した。但し、この塩酸処理によつて赤色の樹脂は屢々その末梢部が黄色の変色を来した。

腐蝕過程が終了したならば、塩酸より取り出して流水によつて静かに水洗した。このようにして合成樹脂鑄型標本が出来上つた。

B) 実験動物

体重5~10kgの雑犬54頭を用い、正常対照犬、冠動

脈の血流が障害されている犬、及びいわゆるMyocardial Revascularizationを企図するCardiopneumopexy, Cardiopericardiopexy, Beck I手術等が施行された犬等を実験対象とした。

1) 正常対照犬

正常な心臓の冠動脈系の鋳型を作成したが、この際何等操作を加えない犬と、心臓剔出後直ちに前下行枝起始部を遮断（切断又は結紮）した犬、この両者を用いた。

(i) 何等操作を加えない正常犬：左冠動脈前下行枝，左冠動脈廻旋枝及び右冠動脈へ夫々異なつた色の

樹脂を注入するか、又は同じ色の樹脂を注入し、正常の心臓に於ける前下行枝と他の冠動脈枝との間のIntercoronary Collaterals有無を調べた。

(ii) 前下行枝遮断後，樹脂が注入された正常犬：屠殺後直ちに心臓を剔出し，前下行枝をその起始部から約0.5cm末梢で二重結紮の下に切断し，大動脈から樹脂を注入して，左冠動脈廻旋枝及び右冠動脈から前下行枝の領域へ向うIntercoronary Collateralsが証明されるや否やを検討した。

2) 冠血流導管犬

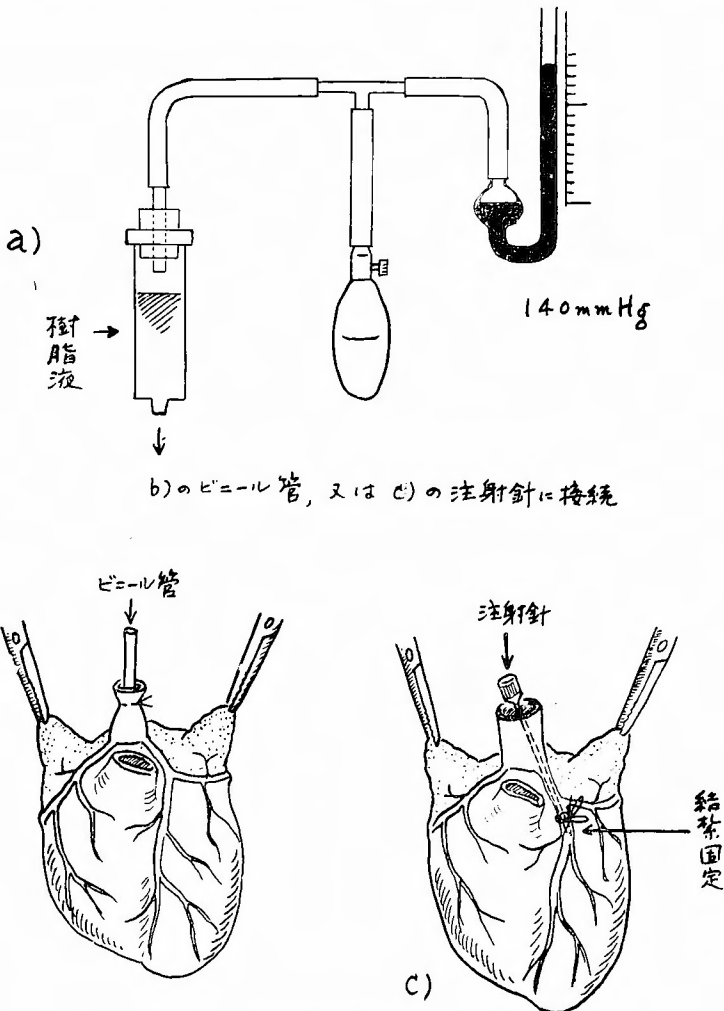


図1 合成樹脂注入法

a) 加圧注入器

b) 全冠動脈系注入法

c) 色別けのため前下行枝攢抓的注入法

左側開胸を行い、左冠動脈前下行枝を起始部から0.5 cm末梢で剝離露出し、その部で前下行枝を急性に遮断（切断又は結紮）するか、或いはその部を漸進的に狭窄せしめ、その後1ヵ月以上生存せしめた後、屠殺して樹脂を注入した。

(i) 前下行枝遮断後1ヵ月以上を経過した犬：前下行枝を上述の部位で絹糸を以つて二重に結紮し、その間で切断した。直ちに配下の心筋はCyanosisに陥り、心収縮力が減弱するのが肉眼的に認められたが、この結紮による死亡率は約20%であつた。この結紮の1ヵ月以上後に屠殺して樹脂を注入した。

(ii) 前下行枝の漸進的狭窄作成後1ヵ月以上経過した犬（GO犬）

前下行枝の上述の部位に漸進的冠狭窄を生ぜしめるべく、教室中村¹⁴⁾の方法を行つた。即ち、図2に示す如く前下行枝に平行に置いたDicetyl Phosphate Ge-

latin Sponge をアルミ板と鋼線から成る枠を以つて取り囲んだ。本法を行うと術後Dicetyl Phosphateの刺激により漸次増大する肉芽が発生し、そのため前下行枝は圧迫を蒙り約1ヵ月間に亘つて徐々に狭窄が進行し、前下行枝起始部の進行性狭窄及びその配下の心筋の空胞変性やPatchy Fibrosis等が現われ、即ち、この犬は慢性冠不全の像を約1ヵ月の短期間で現出することが判明している。このGO犬を1ヵ月余り生存せしめた後屠殺し、Dicetyl Phosphateによる肉芽を損傷せぬよう心臓を剔出し、樹脂を各枝に色分けして注入した。

3) Cardiopneumonopexy 施行犬

先に麻田等¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾は冠不全に対するLeziusのCardiopneumonopexyを改良して、鬱血肺とAsbestos Poudrageを用いるCardiopneumonopexyの一変法（心・鬱血肺癒着術）を考案し、本手術が行われると

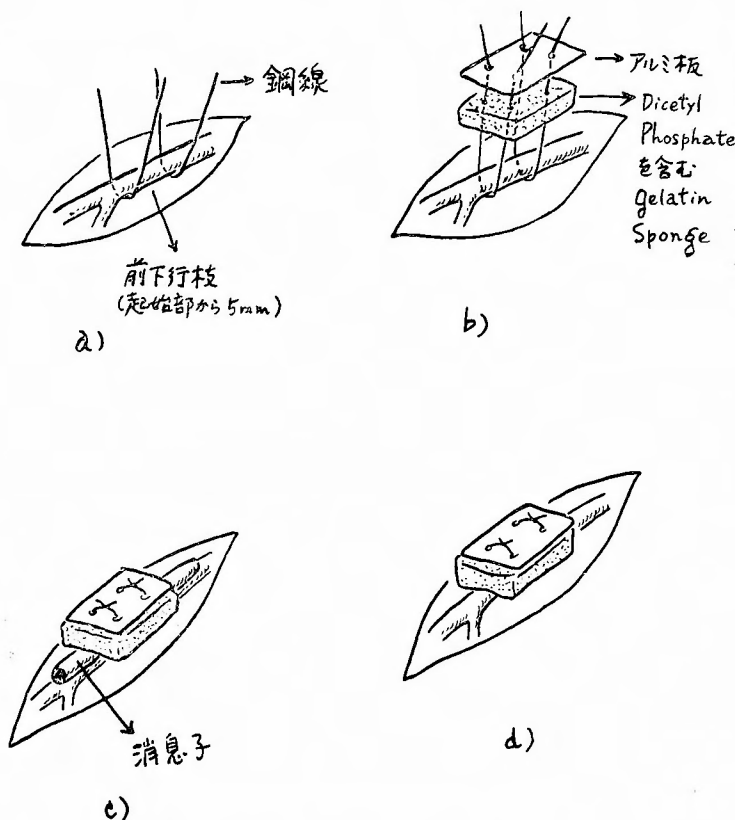


図2 漸進的冠動脈狭窄（GO）作成方法（中村）

- 前下行枝起始部を剝離、二本の鋼線をくぐらせる。
- Dicetyl Phosphate Sponge とアルミ板を鋼線で貫く。
- 血管と同じ太さの消息子を血管にあて、鋼線をしめつける。
- 最後に消息子を除去し血管を開通させる。

肺区域静脈結紮による鬱血肺部が心筋と強く癒着を形成し、そこにいわゆる冠外性副血路Extracoronary Collaterals が良く発達し、心筋に乏血が存在する場合には、血液がこゝを通つて肺から心筋へ向つて流れ、心筋の癱瘓化を防禦する強力な作用を発揮することを証明したが、著者はこの手術を行つた場合に於ける Intercoronary Collaterals の発達状態を検討せんがため、次の如き犬を用いた。

(i) 正常犬に Cardiopneumonopexy を施行、1ヵ月以上経過した犬：

心・鬱血肺癒着術を行い、1ヵ月以上後に屠殺して心臓と癒着肺を en bloc に剔出した後、心表面に癒着した肺組織を注意深く除去し、前下行枝を上述の部位で結紮切断し、合成樹脂を注入した。

(ii) Cardiopneumonopexy 施行後、1ヵ月以上で前下行枝が結紮され、更に1ヵ月以上生存した犬：

急性冠閉塞に対する本手術の防禦効果を見んがため、正常犬に本手術を施行し、1ヵ月以上経過した後再開胸し、前回の手術による心肺間の癒着を損傷せぬよう注意しつゝ、前下行枝の上述の部位を二重結紮の下に切断した。この群の前下行枝結紮による死亡率は0であつた。その後更に1ヵ月以上生存せしめた後屠殺して、心肺を剔出し、癒着肺を注意深く剝離除去した後、冠動脈系鋳型を作成した。

(iii) 漸進的冠狭窄 (GO) 作成と同時に Cardiopneumonopexy が施行され、1ヵ月以上経過した犬：

GO 犬に対する本手術の防禦効果を見んがため、前下行枝に GO を発生せしめる操作を行い、同時に本手術を施行して閉胸し、約1ヵ月経過の後屠殺して心肺を剔出した。GO による肉芽組織を損傷せぬよう注意し乍ら心表面から癒着肺を除去し、冠動脈系鋳型を作成、前下行枝と他の枝とを色分けして注入した。

4) Cardiopericardiopexy 又は Beck I⁽⁷⁾ 手術施行犬：

前下行枝にGO作成を行うと同時に、Asbestos 粉末による Cardiopericardiopexy 又は Beck I の手術 (Cardiopericardiopexy に冠静脈洞の狭窄作成を追加する術式) を施行し、1ヵ月以上後に屠殺して心臓を剔出し、癒着した心膜を剝離除去した後、冠動脈系の鋳型を作成した。

以上のようにして作成された各種の犬の冠動脈系の鋳型標本について、著者は立体的な観察を行い、比較検討したのである。

Ⅲ 実験成績

I 正常対照犬に於ける成績

(i) 何等操作を加えない正常犬 (No. 1 ~ No. 6) (表1)。

表1 正常対照犬の Intercoronary Collateral Anastomosis
(i) 何等操作を加えない正常犬

Dog No.	D ~ C		D ~ R	D ~ S	R ~ C
	心尖	左室前側壁			
1	—	—	—	+	+
2	—	—	—	—	+
3	—	+(前壁)	—	+	+
4	—	—	—	+	—
5	—	+(前壁)	—	+	+
6	—	—	—	—	+

D : Anterior Descending Branch

C : Circumflex Branch

R : Right Coronary Artery

S : Septal Branch

4例では左冠動脈前下行枝と、その他の枝(廻旋枝及び右冠動脈)とに色分けして樹脂が注入されたが(図3)、他の2例では色分けされずに注入が行われた。

左冠動脈は大動脈起始部より出て5~7mmの部で前下行枝と廻旋枝とに分岐したが、前下行枝(D)に前室間溝を下り左右心室の前面及び横隔膜面に分布するのが認められたが、その経過中左室前壁表面に数本の枝を出し、その中の最も太い一本がApical Branchとして心尖へ向うのが認められた。このApical Branchが分岐する位置は様々で、前下行枝のほぼ中央部か或いは更にやゝ末梢から出ている例が多かつた。前下行枝の右室表面への分枝としては、比較的中枢側から出た一本の枝が肺動脈円錐部に分布していた。以上の他、前下行枝の起始部から3mm以内、時には起始部又はより中枢部から、室間中隔へ向う中隔枝(S)が出ており、中隔の中央を含むその大部分に分布していた。本研究に於いて前下行枝の遮断又はGOが実施された部位は、既述の如く、この中隔枝を含まない前下行枝のやゝ末梢部である。中隔壁の前方には、前下行枝から直角に内方へ向つて出た多数の細い枝が分布し、これらの細い枝は中隔枝の末梢との間に広範囲にわたつて細い吻合(D~S 吻合)を営む例が見られたが、特定の太い吻合枝は認められなかつた。

廻旋枝(C)は冠状溝を左後方へ廻り、その経過中

数本の枝を下方の左室前側壁に分枝し、一方では細い数本の枝を上方の左房へ出し、最後は後下行枝となつて後室間溝を下行するのが認められた。廻旋枝は左室前壁で前下行枝からの枝と細かい吻合（左室前側壁に於ける D~C 吻合）を営む例もあつたが著明ではなく（図3, a），又後下行枝の起始部、即ち、冠状溝から離れて心尖の方へ下る部分で、右冠動脈の終末との間に比較的著明な吻合（R~C 吻合）を営み、時にはこれは数本の太い血管として認められる例もあり、尚、後下行枝はむしろ右冠動脈の終末枝となつている例も見られた。後下行枝は主に右室へ、一部左室後壁へ数本宛分枝しつゝ、後面から心尖へ向つているのが認められたが、前下行枝の Apical Branch との間には殆んど吻合（心尖に於ける D~C 吻合）が認められなかつた（図3, b）。

右冠動脈(D)は冠状溝を右方へ廻り乍ら主に右室全面に多数の枝を分枝し、一部上方の大動脈起始部と右房へも細い数本の枝を出すのが認められた。右冠動脈の末梢は、既述の如く、正常犬に於いても屢々廻旋枝との間に著明な吻合（R~C 吻合）を営むものが見られた。

以上の結果から、正常心の全冠動脈系に樹脂が注入された場合には、廻旋枝と右冠動脈との間に明瞭な吻合（R~C 吻合）が認められたが、それ以外には、特定の吻合枝は殆んど認められないことが判明した。

(ii) 前下行枝遮断後樹脂が注入された犬。(No. 7 ~No. 11), (表 2)。

正常心が剔出された後、前下行枝が起始部から 0.5 cm の部位で遮断され、その後、樹脂が大動脈から前下行枝以外の他の枝へ向つて注入された。この実験は、前下行枝に対して全く注入圧が加わらない状態では、他の枝から前下行枝領域に向う血管吻合が出現し易いのではないかという考えの下に行われたものである。しかしその結果は予想に反した。即ち、前下行枝以外

表 2 正常対照犬の Intercoronary Collateral Anastomosis
(ii) 前下行枝遮断後、樹脂が注入された犬

Dog No.	前下行枝領域の注入	D ~ C		D ~ R	D ~ S	R ~ C
		心尖	左室前側壁			
7	—	—	—	—	—	+
8	—	—	—	—	—	+
9	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	+
11	—	—	—	—	—	+

の冠動脈枝の分布は、上述の全冠動脈系へ注入された (i) の場合に認められたと全く同様であることが判明したが、前下行枝領域には 5 例の全例に於いて全く注入されず、そこに、いわゆる Avascular Area が生じたのである（図 4）。左室前側壁に於ける廻旋枝との間の吻合（左室前側壁 D~C 吻合）は、全冠動脈注入の場合と差異が見られず、即ち、殆んど吻合が認められず、又後下行枝の末梢から、心尖部を越えて前下行枝の Apical Branch が満たされる像（心尖部 D~C 吻合）は全例とも認められなかつた。

右冠動脈及び中隔枝の分布状態も、全冠動脈系注入の場合と差異は見られず、5 例に於いて廻旋枝の右冠動脈との間に中等度の吻合（R~C 吻合）が認められたのみであつた。

2) 冠血流障害犬に於ける成績

(i) 前下行枝遮断後 1 ヶ月以上経過した犬 (No. 12~No. 17) (表 3)。

6 例の全例に於いて、前下行枝支配域の、左室前壁から心尖及び前室間溝に及ぶ 3 × 3 cm 前後の範囲に、肉眼的に心筋梗塞(瘢痕)が生じているのが認められた。かゝる心筋梗塞を有する心臓の冠動脈系に樹脂が注入されると、先ず廻旋枝と右冠動脈の各枝に樹脂液が注入されたが、続いて左室後壁の後下行枝を下つた樹脂

表 3 冠血流障害犬の Intercoronary Collateral Anastomosis
(i) 前下行枝遮断後 1 ヶ月以上を経過した犬

Dog No.	前下行枝領域の注入	D ~ C		D ~ R	D ~ S	R ~ C
		心尖	左室前側壁			
12	+	+	—	—	—	+
13	+	+	+(前壁)	+(右室前壁)	+	±
14	+	+	+(前壁)	+(心尖右室前壁)	+	+
15	+	+	+(側壁)	±(心尖)	—	+
16	+	+	+(前壁)	+(右室前壁)	—	+
17	+	+	+(側壁)	+(右室前壁)	+	+

液が速かに心尖をまわり、前下行枝内に逆行性に注入されて行くのが全例に於いて肉眼的に認められた。この事實は、心尖に於いて廻旋枝と前下行枝の Apical Branch との間に、血管吻合が著明に形成されていることを示すものであり、事實、完成された鑄型に於いても、切断部より末梢の前下行枝が太く注入されており、これは心尖部に発達した数本の著明な Subepicardial の血管吻合（心尖部 D～C 吻合）を通つて、後下行枝から前下行枝へと逆行性に注入されたものであることが明瞭であつた（図 5）。この際前下行枝は通常の太さ又はそれ以上に拡張して心表面に分布し、Avascular Area は全然認められなかつた。従つて、一見前下行枝の切断が行われない正常犬と同様の如くに見えたが、しかし左室前壁の梗塞部を精査すると、全例瘢痕が左室壁全層に及んでいて、その部の心室壁の厚

さは著明に菲薄となつており、Subepicardial の前下行枝は太く注入されているが、それから分岐して心筋の深層に向う細い枝には乏しく、且つその分枝の角度も斜方向であつて、心室壁が菲薄となつてることが明瞭に示されていた。

上述の心尖部 D～C 吻合枝の他に、前下行枝支配域に向う副血行路としては、右室前壁又は心尖部に於いて右冠動脈からの細かい血管吻合（D～R）吻合が認められ、又左室前側壁に於いて廻旋枝からも細かい吻合（左室前側壁 D～C 吻合）が見られたが、何れも上記の心尖に於ける吻合に比し、その程度（太さ、数）は遙かに小規模のものであつた。

(ii) 前下行枝の漸進的狭窄 作成後 1 ヶ月以上を経過した犬（GO 犬）（No. 18～No. 27）（表 4）。

表 4 冠血流障害犬の Inter coronary Collateral Anastomosis
(ii) 前下行枝の漸進的狭窄作成後 1 ヶ月以上を経過した犬（GO 犬）

Dog No.	GO部の狭窄	D ～ C		D ～ R	D～S	R～C
		心 尖	左室前側壁			
18	中等度	+	++ (前壁)	+(右室前壁) + (円錐部)	—	++
19	中等度	—	+(前壁)	+(右室前壁)	—	++
20	中等度	—	++ (側壁)	+(右室前壁)	+	+
21	中等度	+	++ (側壁)	++ (右室前壁)	+	±
22	中等度	+	++ (前壁)	++ (心尖) ++ (右室前壁)	+	++
23	軽 度	±	++ (前壁)	++ (右側前壁)	++	±
24	中等度	—	++ (前壁)	+(右室側壁)	—	++
25	軽 度	—	++ (側壁)	+(右室前壁)	++	±
26	軽 度	—	++ (前壁)	+(右室前壁)	+	++
27	中等度	—	++ (前壁)	++ (円錐部)	+	++

前下行枝の GO が形成された部位の太さは正面像では、正常の場合と殆んど差異が見られなかつたが、側面像では全例に種々の程度の屈曲及び狭窄が認められた。即ち、前下行枝は D. P. Granuloma の増殖に伴い鋼線によつて吊り上げられ、漸進的狭窄が出来上つていたことが全例に於いて立証された。

この前下行枝 GO の末梢部では、10例の全例に左室前側壁に於いて前下行枝の First Branch 及び Apical Branch と、廻旋枝から下る数本の枝との間に細かい血管吻合（左室前側壁 D～C 吻合）が認められた（図 6, a）。しかし心尖部では前述の急性遮断犬に見られた如き太い血管吻合（心尖 D～C 吻合）は見られず、3例に於いて微細な吻合が認められたに過ぎない。右冠動脈と前下行枝との間には、全例に於いて右室前側壁乃至円錐部に微細の吻合（D～R 吻合）が認められた（図

6, b）。中隔枝の吻合（D～S 吻合）も 7 例に於いて認められたが、正常対照犬との間に著明な差異は見られなかつた。

前下行枝 GO の末梢の心筋は、肉眼的に心表面に異常を認めず全例正常と同様の厚さを示したが、鑄型に於いても心筋の深層に向う細い分枝が豊富に認められ、急性遮断犬とは明かな相違を示した。

3) Cardiopneumonopexy 施行犬に於ける成績

(i) 正常犬に心・鬱血肺癒着術を施行後 1 ヶ月以上経過して屠殺、前下行枝遮断後に樹脂が注入された犬（No. 28～No. 35）（表 5）。

この心臓は生存中 Cardiopneumonopexy を受けたが、しかし正常の冠血流を受けていた心臓である。前下行枝切断後の鑄型では、8例の全例に於いて前下行枝支配域に樹脂の注入が認められず、即ち、Avascular

表5 Cardiopneumonopexy 施行犬の Inter coronary Collateral Anastomosis

(i) 正常犬に心・鬱血肺癒着術施行後1ヵ月以上経過して屠殺、前下行枝遮断後に樹脂が注入された犬

Dog No.	前下行枝領域の注入	D~C		D~R	D~S	R~C
		心尖	左室前側壁			
28	—	—	—	—	—	+
29	—	—	—	—	—	+
30	—	—	—	—	—	+
31	—	—	—	—	—	+
32	—	—	—	—	—	±
33	—	—	—	—	—	+
34	—	—	—	—	—	+
35	—	—	—	—	—	+

表6 Cardiopneumonopexy 施行犬の Inter coronary Collateral Anastomosis

(ii) 心・鬱血肺癒着術施行後1ヵ月以上で前下行枝が結紮され、更に1ヵ月以上生存した犬

Dog No.	前下行枝領域の注入	D ~ C		D~R	D~S	R~C
		心尖	左室前側壁			
36	+	+	+(前壁)	+(右室前壁)	+	+
37	+	+	+(側壁)	+(心尖)	+	+
38	+	+	—	—	+	+
39	+	+	+(側壁)	+(右室前壁)	+	+
40	+	+	+(前壁)	—	—	+
41	+	+	—	—	+	+
42	+	+	+(前壁)	+(心尖)	+	+

前側壁 D~C吻合)が見られた。4例では右冠動脈と前下行枝との間にも、右心室前壁又は心尖に於いて微細な血管吻合(D~R吻合)が多数認められた。中隔枝と前下行枝との吻合(D~S吻合)は、対照犬との間に明瞭な差異は認められなかった。

尚、剔出時の前下行枝支配域の心筋は全例殆んど正常の厚さを示し、癒着像は全く認められず、鑄型に於いては極めて限局性に心筋への分枝が乏しい部分が見られたに過ぎない。

尚、本群の鑄型作成に当つては、癒着肺が心表面から除去された後に樹脂が注入されたのであるが、その際樹脂が廻旋枝の側から心尖の吻合部を経て前下行枝へ逆行性に注入されるのが肉眼的に追及確認されたのみでなく、左室表面の癒着肺が剝離された部分から、樹脂液が滲出して出て来るのが認められた(図7, c)。その滲出は実質性出血の如くであつたが、注入が行われている内に細い血管系内の樹脂が重合硬化して、注入末期には心表面からの滲出が止み、全冠動脈系の注

入が完了した。この所見は心臓と肺との間に副血行路が存在していたことを推量せしめるものである。

lar Area が認められた。廻旋枝、中隔枝及び右冠動脈の分枝犬態、及び廻旋枝と右冠動脈との間の吻合状態は正常対照犬の場合と殆んど同様で、何等著明な変化が認められなかった。

(ii) Cardiopneumonopexy施行後1ヵ月以上で前下行枝が結紮され、更に1ヵ月以上生存した犬 (No. 36~No.42) (表6)。

既述の前下行枝遮断後1ヵ月以上を経過した犬とやゝ類似の所見を示し、遮断部よりも末梢の前下行枝が7例の全例に於いて逆行性によく注入されているのが認められた(図7, a)。そして心尖部では、廻旋枝の後下行枝に前下行枝の Apical Branch との間に明らかな血管吻合(心尖D~C吻合)が認められ(図7, b)、又5例では左室前側壁に於いて廻旋枝からの分枝と前下行枝の Second Branch との間に細かい吻合左室

入が完了した。この所見は心臓と肺との間に副血行路が存在していたことを推量せしめるものである。

(iii) 漸進的冠狭窄(GO)作成と同時に心・鬱血肺癒着術が施行され、1ヵ月以上経過した犬 (No. 43~No. 48) (表7)。

前下行枝起始部にはGOによる屈曲狭窄が認められたにも拘らず、その末梢の前下行枝は6例の全例に於いて、正常対照犬に於ける分枝状態と殆んど差異が認められず、廻旋枝との間には、GOのみが実施された犬に於いて認められた如き豊富な吻合(D~C左室前側壁吻合)は殆んど認められなかった(図8)。右冠動脈との間には4例に於いて右室前壁又は円錐部に軽度の吻合(D~R吻合)が認められた。尚、剔出標本の前下行枝支配域の心筋は正常の厚さを保ち、鑄型に於いても心表面から深層の心筋へ向う血管の分布はほぼ正常犬の場合と同様に認められた。

4) Cardiopericardiopexy又はBeck I手術施行犬に於ける成績 (No. 49~No. 54) (表8)。

表7 Cardiopneumonopexy 施行犬の Inter coronary Collateral Anastomosis
(iii) GO作成と同時に心・鬱血肺癒着術が施行され、1ヵ月以上経過した犬

Dog No.	GO部の狭窄	D ~ C		D ~ R	D~S	R~C
		心 尖	左室前側壁			
43	軽 度	—	+(前壁)	+(円錐部)	—	+
44	中等度	—	—	+(右室前壁)	—	+
45	軽 度	+	+(前壁)	+(右室前壁)	+	+
46	高 度	—	—	+(右室前壁)	+	+
47	中等度	—	—	—	—	+
48	中等度	—	—	—	—	+

GO 部の狭窄 { 高 度：断面積が元の25%以下
中等度：断面積が元の25~50%
軽 度：断面積が元の75~50%

表8 Cardiopericardiopexy 又は Beck I 手術施行犬の Inter coronary Collateral Anastomosis
GO作成と同時にこれ等の手術が施行され1ヵ月以上経過した犬

Dog No.	術 式	GO部の狭窄	D ~ C		D ~ R	D~S	R~C
			心 尖	左室前壁			
49	CP	軽 度	—	+	+(右室前壁)	—	+
50	CP	中等度	+	+	+(右室前壁)	+	+
51	CP	中等度	—	+	+(心 尖)	+	+
52	B. I	中等度	+	+	+(右室前壁)	+	+
53	B. I	軽 度	—	+	—	—	+
54	B. I	中等度	+	+	+(心 尖)	+	+

CP : Cardiopericardiopexy

B. I: Beck I Operation

GO作成と同時に Cardiopericardiopexy 又はBeck I Operation (Cardiopericardiopexy に Coronary Sinus の狭窄を附加する手術) が施行され、1ヵ月以上経過した犬では、前下行枝起始部にGOによる屈曲狭窄が認められたが、その配下の前下行枝末梢、即ち First Branch 乃至 Apical Branchは、左室前側壁に於いて、廻旋枝との間に、細かい血管吻合(左室前側壁D~C吻合)を形成しているのが見られた。又右室前壁及び心尖に於いても5例に右冠動脈枝との間に微細な吻合(D~R吻合)が認められた。しかし何れも前述のGOのみが単独に施行された犬の場合に比して、これらの吻合の発達程度は軽微であつた。

尚、本群の鋳型作成に当り、癒着心膜が心表面から除去された後に、前下行枝内に赤色の樹脂液が注入されたが、癒着心膜が剝離された左室表面から、樹脂液が僅か乍ら滲出して来るのが認められた。この現象は、Cardiopneumonopexy に於けると全く同様である。

つたが、その程度は遙かに軽微であり、樹脂液の滲出は速かに止んだ。剔出標本の前下行枝支配域の心筋は正常の厚さを保ち、鋳型に於いても前下行枝から心筋へ向う血管の分布はほぼ正常犬と同様であつた。

以上の各所見は、Cardiopericardiopexy と Beck I 手術との間には殆んど差異が認められなかつた。

IV 考 察

I) 正常な心臓に於けるInter coronary Collaterals

1669年 Richard Lowerによつて指摘されて以来、冠動脈系が終末動脈でなく血管吻合を有することが多数の人々によつて証明された。中でも Schlesinger²⁾は、自ら作成した Schlesinger's Mass を用いて、正常並びに病的状態に於ける心臓のInter coronary Collaterals を研究した詳細な成績を報告し、その後の研究は、^{19,20)} 主に彼の原法又はそれに準じた Unrolled Autoangiogram によつて行われて来たのである。

近年、血管の注入材料として合成樹脂が用いられるようになり^{21,22,23)}、従来の方法が一枚の Film の上で観察されねばならない欠点を有していたのに対し立体的な観察が可能となつた。この注入用合成樹脂としては、種々の高分子化合物が用いられ、その種類により成績に若干の相違が見られる²⁰⁾。例えば Baroldi²²⁾は Latex Neoprene 842A を用いて直径20micronまでの細い血管を現出せしめ、犬の正常冠動脈系に Homocoronary Anastomosis (同じ冠動脈枝間の血管吻合) と Intercoronary Anastomosis (異つた冠動脈枝の間に血管吻合) とがあることを立証している。

著者は Metacrylate 樹脂を用いたのであるが、これは直径約60 micron 以上の血管に注入されるので比較的太い血管吻合のみが現出され、即ち、正常な心臓では、Homocoronary Anastomosis として前下行枝と中隔枝との間及び前下行枝と廻旋枝との間の多数の細かい吻合が認められたのみで、Baroldi の指摘した心尖部の吻合 Mouchet's Posterior Recurrent Vessel は証明できなかった。又、Intercoronary Anastomosis としては、冠静脈洞開口部附近の廻旋枝と右冠動脈との間の吻合が多数例に於いて明らかに認められたが、肺動脈円錐部附近の吻合は認められなかったのである。

このように著者の方法は微細な血管吻合を現出し得なかつたのであるが、このことは必ずしも欠点とは考えられず、むしろ本研究に好都合とさえ思われる。その理由は、注入材料が余りに粘稠であつたり、粒子の直径が余りに大き過ぎると、重要な血管吻合を見落す恐れがあるが、一方余りにも粘稠度が低かつたり粒子が小さい場合には、正常な心臓に於いても存在する微細な Network までが現出されるために、もはや立体的な観察が不可能となるからである。又、正常な心臓に存在する冠動脈間の微細な豊富な吻合は、解剖学的にその存在が認められているのみであつて、機能的には正常な冠血流が得られている限り全く意味がないと考えられており、一旦冠体脈系の一部に血流障害が発生すると、これまで単なる解剖学的吻合であつたものが、初めて副血行路としての機能を発揮するようになるものである。本研究に用いられた Metacrylate 樹脂によつては、冠血流障害犬の鋳型で見られた如く、血管吻合が正常以上に著明に発達して副血行路としての機能を発揮するような太さになつて初めて証明されたのであり、即ち、本研究に於ける鋳型標本は単なる血管吻合を形態学的に示すというよりは、むしろ副血

行路としての意義を有する血管吻合のみを示したものである。

2) Intercoronary Collaterals の発生機転

正常の心臓内に存在する上述の如き血管吻合を拡張させ、副血行路として発達せしめる因子は果して何であろうか。著者はこの因子の主なもの、冠血流障害が発生すること自体であると考えたものである。即ち、冠動脈系の一部、例えば前下行枝起始部に閉塞や狭窄が生じ正常の冠血流が障害されると、乏血部内の動脈圧が低下するために周囲心筋内血管内圧との間に圧差を生じ、そこに存在していた潜在性の血管吻合が拡張して、乏血部心筋への供血を計ろうとする一種の合目的的な防禦反応が心臓内に起ると考えられるからである^{24,25)}。このようにして発達する Intercoronary Collaterals が、前下行枝急性遮断犬及びGO犬に於いて豊富に見られた。左室前側壁に於ける前下行枝と廻旋枝との間の Fine Collateral Twigs に相当するものである。

ところが、前下行枝遮断後1ヵ月以上経過した犬の心臓では、心尖部に Mouchet の Posterior Recurrent Vessels による太い Subepicardial Communications が認められたのであるが、その際前下行枝支配域の心筋の一部は既に心筋梗塞による瘢痕に陥つていた。従つてこの太い血管吻合は心筋の乏血に対して合目的的な防禦反応を充分に果した結果拡張したものとは考えられず、むしろ、血流遮断に対する防禦反応が不充であつたため心筋の一部が瘢痕となり収縮力がなくなり、そのためその部の血管抵抗が減少したが故に、Brofman²⁶⁾のいわゆる Malignant Anastomosis として拡張して来たものとするのが妥当であろう。従つて、副血行路が太いからといつて必ずしも機能的にそれだけ有効であるとは考えられないと思われるのである。教室の栗山²⁷⁾が Mauts-Gregg の Backflow Method によつて冠内性副血行量を測定した実験は、これとよく一致した結果を示している。即ち、GO 心に於いても Backflow は増加するが、梗塞心の場合の方が増加が著明であり、瘢痕化が著明である程却つて Backflow の増加度が著しいことを認め、即ち、冠内性副血行量が多いからといつて必ずしも機能的にそれだけすぐれているといえないことが判明したのである。

尚、生体の防禦反応として乏血部へ向つて周囲から副血行路が発生する機転は、上述の血圧差のみによつては解決されない点も存在するようである。即ち、慢

性の Hypoxemia の状態にある患者の心臓では、冠動脈系全体が拡張や蛇行を示し冠内性血管吻合が拡大している像が屢々認められるにも拘らず、この場合、心筋各部の血圧の不均衡は考えられないからである。即ち、冠動脈系を拡張させる他の因子を考えざるを得ず、恐らく心筋全体の乏血状態が原因となつて、病的な心筋から冠動脈系全体の拡張をもたらす何等かの化学的因子が血中に出されるのではないかと想像されるのである。

一方外科的療法の立場から、Schildt²⁸⁾、Thompson⁴⁾等は、心表面を摩擦したり、化学的刺戟を与えることによつて、心筋内に充血がもたらされ、次いで冠内性血管吻合が増大するものと考えている。Asbestos Poudrage に関する教室の実験によれば²⁹⁾、術後数日間心筋内の充血と細胞浸潤が認められるので、恐らく心筋内に軽度の炎症が惹起され、それによる新陳代謝の亢進が心筋の血液の需要を増加し、間もなくこれに反応して吻合血管の拡張がもたらされるものと考えられる。しかし乍ら、Cardiopneumonopexy が何等冠血流障害を有しない正常な心臓に施行された場合には、心筋に対する供血が充分であるために、吻合血管の拡張反応は全く起らないものであることは、本手術が施行された正常犬の心臓を剔出して、前下行枝起始部を結紮後に樹脂が注入された標本に於いて、前下行枝領域に完全な Avascular Area を生じたことから明らかである。従つてかゝる刺戟を加えて冠内性血管吻合を拡張させようとする企ては、正常な心臓に対しては全く無効であり、血流障害を有する病的な心臓に対してのみ有効であることが注目されねばならないであろう。

3) Cardiopneumonopexy の作用機序

以上の如く、正常な心臓内に潜在している血管吻合は、一旦心筋に乏血部が生じると拡張して副血行路となつて防禦的な役割を果たそうとする合目的な働きを有し、Cardiopneumonopexy (麻田等の心・嚢血肺癒着術)によつて更にこの機転が促進されることが立証されたのであるが、この Cardiopneumonopexy の冠血流障害に対する防禦効果は、むしろ冠外性副血行によると考えるべきであることが判明した。その理由は、予め Cardiopneumonopexy が行われた後に前下行枝が結紮された生存犬では、或る程度の冠内性副血行路の発達が見られたが対照犬よりも遙かに少なく、更にGO作成と同時に Cardiopneumonopexy が行われた犬では殆んど冠内性血管吻合が認められなかつたか

らである。この冠外性副血行の効果は教室の武内¹⁶⁾・椎藤³⁰⁾等の研究成績からもよく推定されるところであつて、即ち、彼等は Cardio-pneumonopexy が施行された犬に於いては、正常の冠血流が保たれている限り、冠外性副血行は証明されないが、一旦冠血流障害(前下行枝の遮断乃至GO作成)が生じると癒着部を通つて肺から心筋へ向う血流が生じるという事実を、色素及び I¹³¹ を用いる生理学的な実験によつて立証しているのである。

尚、著者は樹脂の注入に際して、樹脂液が癒着肺の除去された心表面から明らかに滲出するのを認め、即ち、肺と心筋との間には血管吻合が豊富に存在していたことを推定し得たのであつて、以上の成績を綜合すれば、Cardiopneumonopexy の冠血流障害に対する防禦機転は、形態学的にも機能的にも、冠内性副血行よりも冠外性副血行が主役を演じていると結論されるのである。

冠不全に対する外科的療法の30年来の推進者である Beck 等は、外科的手術の作用機序として冠内性副血行の防禦効果を重要視し、手術によつて患者が改善された後に、若しも他の冠動脈枝に狭窄が発生すると、冠内性副血行の源泉が消失するため冠不全死を免がれないであろうと述べている³¹⁾。かゝる意味では、上述の如く冠外性副血行がむしろ優位と考えられる Cardio-pneumonopexy (麻田)は、永らく効果を發揮し得るが故に、一つの優秀な術式というべきであろう。

4) Cardiopericardiopexy 及び Beck I 手術の作用機序

この両術式は創案者達が、冠血流障害に対する防禦作用として、心臓の癒着による冠外性副血行路よりも、心筋内で反応性に発達する冠内性副血行路に期待をかけ、冠内性副血行量を示すという Mautz-Gregg の Backflow を測定し、本手術により冠内副血行量が増大することを立証している³²⁾。そして単なる Cardiopericardiopexy よりも Coronary Sinus の狭窄が附加される Beck I 手術の方が、冠内性副血行量の増大が著明であり、従つて効果も大きいと述べている。

著者の成績では、この両手術の間に必ずしも明確な差を認め得ず、ともに GO 配下の前下行枝末梢と廻旋枝並びに右冠動脈枝との間に、微細なよく発達した冠内性副血行路を認め得たのである。そしてこれらの吻合状態を GO のみが行われた心臓と比較するに、むしろその発達程度が少ないことが判明した。一方では

樹脂注入に際して樹脂液が癒着組織を取り除いた心表面から滲出するのが見られた事実を併わせ考えると、これらの術式の作用機序としては、単に冠内性副血行のみでなく、やはり冠外性副血行も関与していることが推定されたのである。

而して、これらの手術は、上述の Cardiopneumopexy との間には明らかな相違が認められ、心・肺血肺癒着術の作用機序が殆んど冠外性の副血行に依存しているかの如き所見を示したのに反して、これらの術式ではやはり冠内性副血行路の発達も可成り認められ、冠内性の両副血行路の発達によるものであることが推定されたのである。

V 結 論

冠血流障害状態にある心臓及び Myocardial Revascularization を企図する各種手術が加えられた心臓では、冠動脈枝相互の間の冠内性副血行路がどのような発達を示すものであるかを検討するため、犬の冠動脈系の合成樹脂鋳型を作成して、立体的な観察を行い、次の如き興味ある知見を得た。

1) 正常な犬の心臓では冠内性副血行路は殆んど立証されなかつた。

2) 冠血流障害が存在する犬の心臓では、正常な犬の心臓に比べて冠内性副血行路の発達が著明であつた。即ち、左冠動脈前下行枝起部が急性に遮断された後に生存した犬の心臓では、一部心筋の癒着化が見られたにも拘らず、心尖部に著明な副血行路の発達が認められた。同じ部位で漸進的冠動脈狭窄が作成された犬の心臓では、前下行枝と周囲血管との間に微細な副血行路が豊富に発達しており、心筋の癒着化はよく防禦されていた。

3) Cardiopneumopexy (麻田) を行つても、正常な冠血流が保たれている限り、冠内性副血行路の発達は殆んど認められず、冠血流障害が生じた時に初めて Cardiopneumopexy が効果を発揮するものであることが判明した。

4) 冠血流障害を有する心臓に Cardiopneumopexy が行われた場合には、心筋が完全に保護されているにも拘らず、冠内性副血行路の発達は見られず、従つて本術式の冠血流障害に対する防禦効果は、冠内性副血行よりも冠外性副血行が主要な役割を演じることが推定された。これに対して Cardiopericardiopexy 及び Beck I 手術の場合には、冠内性副血行路の発達も認められ、これに一部冠外性副血行が加わつて、冠

血流障害に対する防禦効果が成立していることが推定された。

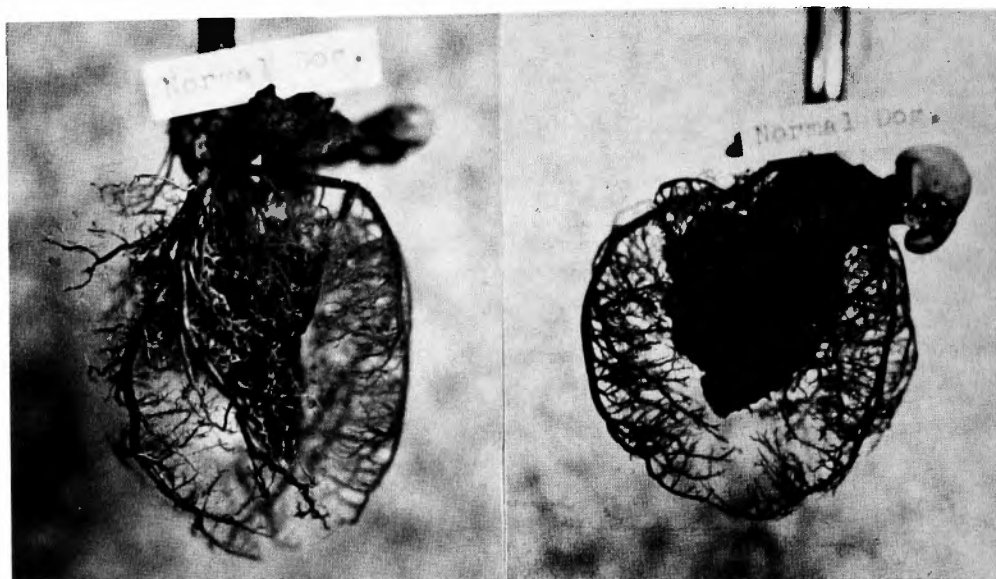
稿を終るに当り、御指導を賜つた恩師麻田榮教授、並びに御援助を頂いた武内敦郎講師ほか、共同研究者各位に対し衷心より感謝の意を表する次第である。

本論文の要旨は日本胸部外科学会第3回関西地方会に於いて発表した。

文 献

- 1) Blumgart, H. L., Schlesinger, M. J. & Zoll, B. M.: Angina Pectoris, Coronary Failure and Acute Myocardial Infarction-Role of Coronary Occlusion and Collateral Circulation. *J. A. M. A.*, **116**, 91, 1941.
- 2) Schlesinger, M. J.: An Injection Plus Dissection Study of Coronary Artery Occlusions and Anastomoses. *Am. Heart J.*, **15**, 528, 1938.
- 3) Beck, C. S. & Tichy, V. L.: The Production of a Collateral Circulation to the Heart. *Am. Heart J.*, **10**, 849, 1935.
- 4) Thompson, S. A.: Development of Cardiopericardial Adhesion Following the Use of Talc. *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.*, **41**, 260, 1939.
- 5) Lezius, A.: Die Künstliche Blutversorgung des Herzmuskels. *Arch. Klin. Chir.*, **189**, 343, 1937.
- 6) O'Shaughnessy, L.: An Experimental Method of Providing a Collateral Circulation to the Heart. *Brit. J. Surg.*, **23**, 665, 1936.
- 7) Beck, C. S.: The Development of a New Blood Supply to the Heart by Operation. *Ann. Surg.*, **102**, 801, 1935.
- 8) Key, J. A., Kagin, F. G., Martineau, Y. & Leckey, R. G.: A Method of Supplementing the Coronary Circulation by a Jejunal Pedicle Graft. *J. Thorac. Surg.*, **28**, 320, 1954.
- 9) Wedel, J. V., Conn, G., Lord, J. W. Jr., Neuman, C. G. & Hinton, J. W.: Revascularization of the Heart by Pedicled Skin Flap. *Surg.*, **37**, 32, 1955.
- 10) Dragstedt, L. R., Rogins, H., Lyon, E. S. & Dragstedt, L. R.: Gastrocardiopexy-An Experimental Study. *Arch. Surg.*, **73**, 1, 1956.
- 11) Thal, A. P., Miller, F. A. & Barnard, C. N.: Surgical Approaches to the Problem of Myocardial Ischemia. *Circulation*, **14**, 901, 1956.

- 12) Beck, C. S. & Leighninger, D. S.: Scientific Basis for the Surgical Treatment of Coronary Artery Disease. *J. A. M. A.*, **159**, 1264, 1954.
- 13) 長沢直行・山下政行: 合成樹脂注入法による健常肺及び結核肺の立体的並びに顕微鏡的観察・結核研究, **8**, 54, 1952.
- 14) Nakamura, K.: The Experimental Production of Coronary Insufficiency in Dogs. *Arch. Jap. Chir.*, **28**, 736, 1959.
- 15) 麻田栄・武内敦郎・中村和夫・入江義明・鈴木昭二・隠岐和彦・権藤勇・村川繁雄・竹本晋三・板谷博之: 冠不全の外科的療法に関する研究-Cardioplexyを中心として. *日胸会誌*, **6**, 403, 1958.
- 16) 麻田栄・中村和夫・武内敦郎・鈴木昭二・村川繁雄・隠岐和彦・権藤勇・入江義明・竹本晋三・栗山隆興・大沢一博・板谷博之: 冠不全の外科的療法に関する研究(第3報), *日胸外会誌*, **7**, 40, 1959.
- 17) Takeuchi, A.: Experimental Studies on the Surgical Treatment for Coronary Insufficiency. *Arch. Jap. Chir.*, **28**, 1067, 1959.
- 18) Beck, C. S. & Mako, A. E.: Venous Stasis in the Coronary Circulation. *Ann. Heart J.*, **21**, 767, 1941.
- 19) Piannetto, M. B.: The Coronary Arteries of the Dog. *Am. Heart J.*, **18**, 403, 1939.
- 20) Blumgart, H. L., Zoll, P. M., Freedberg, A. S. & Gilligan, D. R.: The Experimental Production of Intercoronary Arterial Anastomoses and Their Functional Significance. *Circulation*, **1**, 10, 1950.
- 21) Kazzaz, D. & Schanklin, W. M.: The Coronary Vessels of the Dog Demonstrated by Coloured Plastic Injections and Corrosion. *Anat. Rec.*, **107**, 43, 1950.
- 22) Baroldi, G., Mantero, O. & Scomazzoni, G.: The Collaterals of the Coronary Arteries on Normal and Pathologic Hearts. *Circulation Res.*, **4**, 223, 1956.
- 23) Day, S. B.: The Utilization of Vinilite Plastic Casts to Demonstrate Coronary and Intercoronary Anastomotic Vessels. *Surg.*, **41**, 220, 1957.
- 24) Prinzmetal, M., Bergman, H. C., Kruger, H. E., Schwartz, L. L., Simikin, B. & Sobin, S. S.: Studies on the Coronary Circulation. III. Collateral Circulation of Beating Human and Dog Hearts with Coronary Occlusion. *Am. Heart J.*, **35**, 689, 1948.
- 25) Eckstein, R. W.: Effect of Exercise and Coronary Artery Narrowing on Coronary Collateral Circulation. *Circulation Res.*, **5**, 230, 1957.
- 26) Brofman, B. L. & Beck, C. S.: Coronary Heart Disease. I. Hemodynamic Principles and Their Therapeutic Applications. *J. Thorac. Surg.*, **35**, 232, 1958.
- 27) Kuriyama, T.: Studies on the dogs with gradual Occlusion of the coronary artery Its Effect upon the Myocardium and Intercoronary Collaterals-Jap. *Circulation J.*, **24**, 1960.
- 28) Schildt, P., Stanton, E. & Beck, C. S.: Communication Between the Coronary Arteries Produced by Application of Inflammatory Agents of the Surface of the Heart. *Ann. Surg.*, **118**, 34, 1943.
- 29) 麻田栄・板谷博之・武内敦郎・中村和夫・隠岐和彦・関一郎・三戸繁: 冠不全に対する Cardi-periardioplexy の経験. *胸部外科*, **9**, 623, 1954.
- 30) Gondo, I.: Experimental Studies on Surgical Treatment of Coronary Insufficiency-Effect and Mechanism of the Cardiopneumonoplexy by Use of the Lung with Ligation of the Pulmonary Artery. *Bull. Osaka Med. School*, **6**, 91, 1960.
- 31) Beck, C. S.: Blood Supply to Ischemic Myocardium Distal to the Occlusion of a Coronary Artery. *Dis. Chest*, **31**, 243, 1957.
- 32) Leighninger, D. S.: A Laboratory and Clinical Evaluation of Operations for Coronary Artery Disease. *J. Thorac. Surg.*, **30**, 397, 1955.

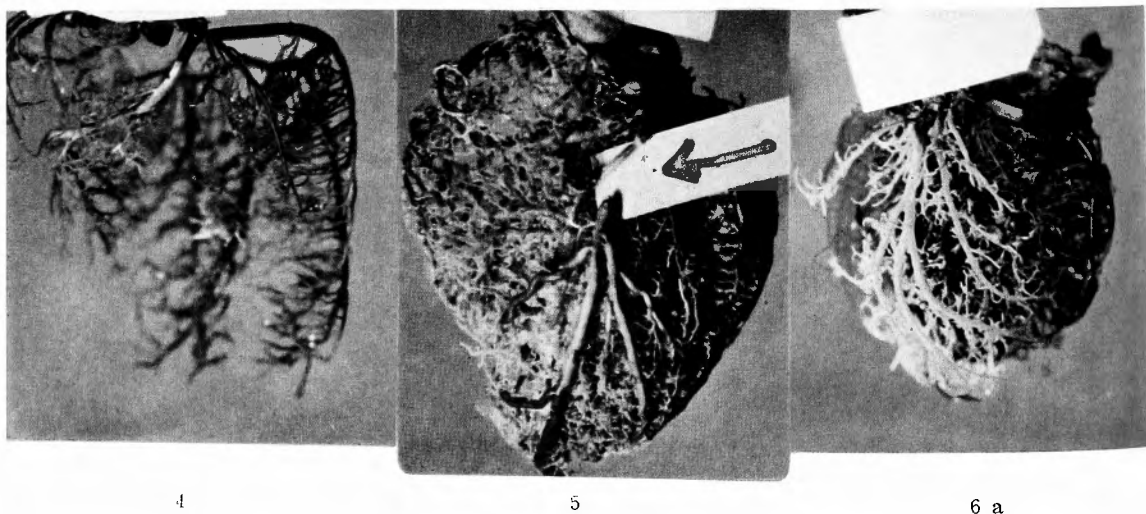


3 a

3 b

図3, 正常対照犬, No. 2犬:

- a, 左室前側壁, 前下行枝(赤)と廻旋枝(青)との間には Intercoronary Collateralsは殆んど認められない。
- b, 心尖部, 前下行枝(赤)と廻旋枝(青)との間には吻合は全く見られない。



4

5

6 a

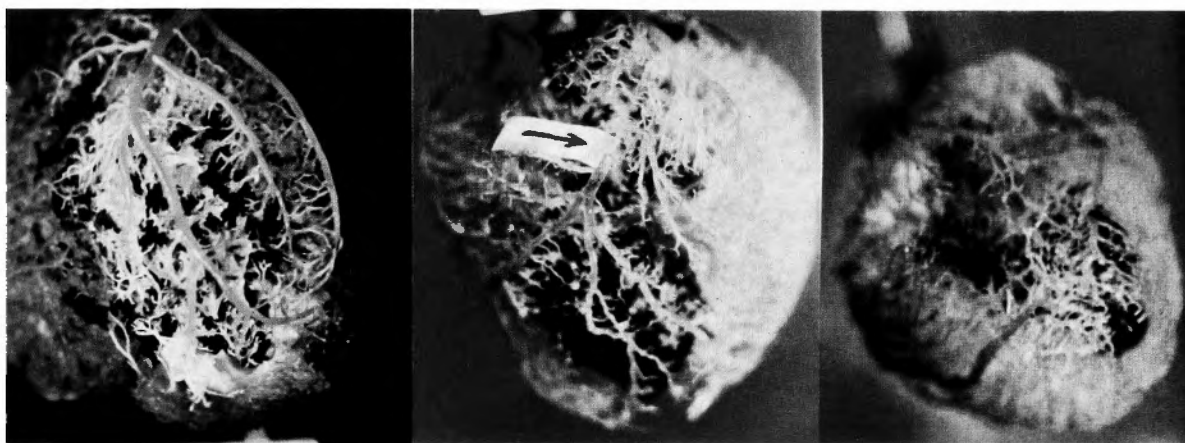
図4, 正常心別出後前下行枝を結紮切断して注入, No. 7犬: 前下行枝領域には注入されていない。

Avascular Area を示している。白く見えるのは中隔枝。

図5, 前下行枝切断後1ヵ月以上生存した, No. 14犬, 矢印の部で切断された前下行枝の末梢部が心尖部の吻合(D~C吻合)を経て廻旋枝領域から逆行性に太く注入されている。

図6, 漸進的冠動脈狭窄犬(GO犬), No. 21犬:

- a, GO配下の前下行枝末梢(黄)は, 廻旋枝(青)との間に, 左室前側壁に於いて微細な多数の吻合を営んでいる。



6 b

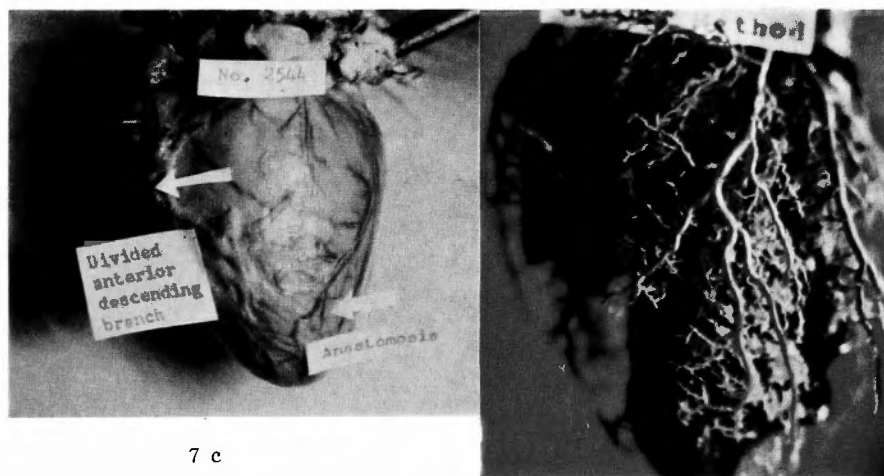
7 a

7 b

b. G O配下の前下行枝（黄）は心尖部に於いて廻旋枝（右下方の青）や右冠動脈枝（左方の青）との間に微細な吻合を営んでいる。

図7. 心・肺血腫着術後1ヵ月後に前下行枝を結紮、更に1ヵ月生存した犬、No. 39犬：

- 矢印の部で前下行枝が切断され、その末梢は心尖部に於ける副血行路を経て逆行性に注入されている。
- 同じ標本の心尖部、廻旋枝（右上方）から前下行枝の Apical Branch（左下方）へ著明な副血行路が形成されている。



7 c

8

c. 塩酸処理前の標本、左の矢印は前下行枝切断部、右の矢印は心尖部に於ける廻旋枝（右方）と前下行枝の Apical Branch（左方）との間の吻合を示す。中央部の癒着肺を剝離した心表面から樹脂液が滲出したため、その部がやや青色をおびている。

図8. 心肺癒着術とG O作成とが同時に施行され、1ヵ月以上経過した犬、No. 47犬：

前下行枝（赤）と廻旋枝及び右冠動脈枝（青）との間には吻合が認められない。