SCSR と IABP との同時駆動による 循環補助法の実験的検討

三 室 治 久 瀬 在 幸 安

虚血心筋に対し、冠循環補助の assist device として SCSR を用い、さらに IABP との同時駆動法による心補助効果について実験的に検討した。ブタ 28 頭を用いて、左前下行枝分枝を結紮した心筋梗塞モデルを作成し、対象群、IABP 群、SCSR 群、および SCSR と IABP 併用群の 4 群に分け、経時的な血行動態の変化、心筋局所血流量、心外膜マッピング心電図からみた梗塞領域の評価、形態学的評価を行った。補助装置使用群では、対象群に比し血行動態の改善が認められ、梗塞領域の評価では、併用群で最も著しい回復がみられた。形態学的にも併用群は、他に比して梗塞境界領域の虚血所見の改善が認められた。SCSR と IABP の同時駆動法は、順行性の冠血流が十分得られない重症虚血性心疾患に対し、有効な補助循環になりうることを示唆された。日心外会誌 24 巻 4 号：209-216 (1995)

Keywords : SCSR, IABP, 心外膜マッピング心電図, 心筋局所血流量

Experimental Study on Combined Driving by Synchronized Coronary Sinus Retro-perfusion (SCSR) and Intra-aortic Balloon Pumping (IABP) to Support Coronary Circulation

Haruhisa Mimuro and Yukiyasu Sezai (The Second Department of Surgery, School of Medicine, Nihon University, Tokyo, Japan)

In order to support coronary circulation for the ischemic myocardium, the effect of simultaneous driving by means of SCSR and IABP was experimentally studied in 28 pigs. A myocardial infarction model was prepared by ligating branches of left anterior descending (LAD). All the animals were divided into four groups: controls, IABP-, SCSR-, and SCSR with IABP-assisted. The results were evaluated as to chronological hemodynamic changes, infarct areas as depicted by epicardial mapping electrocardiograms, myocardial regional blood flow, and morphological changes. All the groups with assist devices showed improved hemodynamic features compared with the control group. The SCSR+IABP group achieved the best recovery from infarction among the groups. A remarkable improvement of ischemic change in the area bordering the infarct was confirmed morphologically. In conclusion it is suggested that simultaneous driving of SCSR and IABP provides an effective auxiliary circulation for serious cases of ischemic heart disease in which antegrade coronary flow is reduced significantly. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 24 : 209-216 (1995)

重症虚血性心疾患に伴うポンプ失調や開心術後の低心拍出量症候群(LOS)に対し、これまで種々の薬物療法に加え大動脈内バルーンパンピング(IABP)を用いた補助循環法は広く普及し、確固たる地位を築いてきた^{1,2)}。しかしながら IABP のみでは救命が困難な例が存在することも事実であり、それらに対する新しい補助循環法の研究がなされてきている³⁻⁵⁾。

Synchronized coronary sinus retroperfusion (SCSR) は、1976 年に Meerbaum ら⁶⁾ により考案された方法で、経皮的に冠静脈洞内に挿入留置したバルーンつきカテーテルを心周期に同期させ、拡張期にはバルーン拡張により冠静脈洞を閉塞して冠静脈から逆行性に自家動脈血を送血し、収縮期にはバルーン収縮とともに冠静脈血をドレナージするものである。SCSR の効果としては、逆行性に心筋虚血領域への酸素供給の増加と虚血領域に発生するフリーラジカル等の毒性物質の wash out により、虚血領域の縮小化、心筋代謝の改善が期待される⁷⁻¹⁰⁾。

1994 年 4 月 18 日受付, 1994 年 9 月 16 日採用
日本大学第 2 外科 〒173 東京都板橋区大谷口上町 30-1
本論文の要旨は、第 23 回日本心臓血管外科学会学術総会 (1993 年 3 月, 福岡) ならびに第 93 回日本外科学会総会 (1993 年 4 月, 仙台) において発表した。

これまで SCSR 単独使用時の効果や、PTCA 施行中の心筋保護に対する効果についての報告は見られるが¹¹⁻¹³⁾、IABP と併用した同時駆動に関する研究は行われていない。今回著者は、虚血心筋に対し SCSR と IABP の同時駆動を行い、その心補助効果と心筋に対する影響について実験的に検討した。

対象と方法

ブタ 28 頭(体重: 40.2 ± 3.4 kg)を対象とし、実験を行った。麻酔導入は、Pento-barbital sodium (20~25 mg/kg) を耳静脈内投与し、以後の維持には静注用塩酸 Ketamine (1 mg/kg/h) を用いた。気管切開後、Bennet PR 2 による調節呼吸とし、図 1 のごとく内頸動脈より Pig-tail カテーテル (7 Fr) を、内頸静脈からは中心静脈圧測定用カテーテルを挿入した。抗凝固剤として、ヘパリン (1 mg/kg) を静脈内投与した後、外頸静脈から 7.5 Fr SCSR 用カテーテル (RETROPERFUSION SYSTEMS, INC 社製, Balloon size 10 mm) を挿入 (図 1) し、透視下に冠静脈洞経路で大心静脈内に留置した。さらに左大腿動脈より IABP 用

バルーンカテーテル (AVCO 社製, 容量 20 cc, 12 Fr) を挿入し、右大腿動脈からは SCSR 脱血用の 8 Fr 多孔性カテーテルを挿入留置した。駆動装置としては、IABP は Kontron 社製 model 104, SCSR は Goodman 社製 model PC 2050 (図 1) を使用し、両者とも心電図同期の 1:1 駆動とした。SCSR の自家動脈血送血速度は、平均 50~60 ml/min とした。

胸骨正中切開にて心嚢に至り、心膜を切開後、Emax 測定 (SIGMA-5/DF) 用のコンダクタンスカテーテル、圧カテーテルを心尖部より挿入留置した (図 1)。心外膜マッピング心電図 (epicardial mapping electrocardiogram; e-ECG) は、左冠動脈前下行枝を縦軸、第 1 対角枝の基部より 5 cm をその対角線とする縦 4 点、横 5 点、計 20 か所の升目の交点で計測し、その ST 上昇が 2 mV 以上を示す点の数の計を NST (number of ST-elevated points), ST 上昇の総和を Sigma-ST (mV) とし、梗塞領域の評価を行った (図 2)¹⁴⁻¹⁸⁾。正常領域 (intact area: $-2 \text{ mV} \leq \text{ST} \leq 2 \text{ mV}$)、境界領域 (marginal area: $\text{ST} < -2 \text{ mV}$)、梗塞領域 (infarcted area: $\text{ST} > 2 \text{ mV}$) とした。心筋

図 1 実験モデルの概要図 (左) および SCSR の本体 (右上) とカテーテル (右下)

局所血流量 (Myocardial regional blood flow ; MBF) は、電解式水素クリアランス法により、電解式組織血流計-Model RBF 2 (Meditec Japan 社製) を用いて測定した。測定部位は、e-ECG において測定しえた境界領域とした (図 2)。心筋局所血流量は、以下に示す Koshu ら¹⁹⁾の式によって算出した。

$$f = \ln 2(1/T_a - 1/T_b)$$

$$= 69.3(1/T_a - 1/T_b)$$

T_a : 血流のある場合の水素ガスの半減期

T_b : 血流のない場合の水素ガスの半減期

f : 血流量 (ml/100 g/min)

次に、対象となるべき測定を行った後、左前下行枝分枝を結紮して左室自由壁に 40%前後の心筋梗塞を作成した²⁰⁾。このモデルを対象群 (A 群)、

IABP 群 (B 群)、SCSR 群 (C 群)、SCSR, IABP 併用群 (D 群) の 4 群に分け、梗塞作成後 1 時間、SCSR, IABP 駆動後 3 時間までと、停止後 30 分の経時的な変化を測定した。その後、心臓を摘出し、形態学的変化を電顕像で観察し、比較検討した。

結 果

大動脈圧 (peak 圧) は、梗塞作成後各群とも低下し、A 群で 55.3 ± 33.8 mmHg まで低下し続けたのに対し、B, C および D 群の補助装置使用群では、血圧の維持が可能であった ($p < 0.01$)。中でも IABP を使用した B 群, D 群では、駆動後それぞれ 113.5 ± 14.5 mmHg から 155.0 ± 19.6 mmHg,

図 2 左冠動脈結紮部位と梗塞領域測定法および大動脈圧 (PEAK) の変化

D 群 $\odot$ — $\odot$ SCSR+IABP ($n=7$), C 群 $\triangle$ --- $\triangle$ SCSR ($n=7$), B 群 $\square$ — $\square$ IABP ($n=7$), A 群 $\bigcirc$ — $\bigcirc$ control ($n=7$). mean $\pm$ SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

図 3 左室拡張末期圧 (LVEDP) と $LV_{\max} dp/dt$ の変化

D 群 $\odot$ — $\odot$ SCSR+IABP ($n=7$), C 群 $\triangle$ --- $\triangle$ SCSR ($n=7$), B 群 $\square$ — $\square$ IABP ($n=7$), A 群 $\bigcirc$ — $\bigcirc$ control ($n=7$). mean $\pm$ SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

115.4±18.2 mmHg から 136.4±16.2 mmHg と有意 (B 群: $p<0.01$, D 群: $p<0.05$) に上昇した (図 2).

左室拡張末期圧 (LVEDP) も、梗塞作成後に各群とも上昇し、A 群の 2 時間値 16.3±2.5 mmHg に比し、駆動 2 時間後の B 群では 9.4±1.3 mmHg, C 群では 10.6±1.2 mmHg, D 群では 9.2±1.3 mmHg と有意 ($p<0.01$) に低値を示した (図 3).

$LV_{\max} dp/dt$ を比較してみると、梗塞作成により低下した $LV_{\max} dp/dt$ は、駆動 1 時間後の B 群では 769±113 mmHg/s から 1,144±251 mmHg/s へ、D 群では 654±137 mmHg/s から 1,123±390 mmHg/s へと有意 ($p<0.05$) な上昇を示し

た。SCSR 単独使用の C 群でも、駆動 2 時間後に 686±50 mmHg/s から 1,025±97 mmHg/s へと有意 ($p<0.01$) な上昇を認めたが、前 2 群に比し、その回復は緩徐であった (図 3).

収縮終期圧-容積関係 ($E_{\max}$) は、下大静脈を banding することにより測定したが、梗塞作成後低下を示し、補助装置使用群は、駆動開始によって有意な改善を認めた。B 群は、4.01±1.30 mmHg/ml から駆動 1 時間後に 8.17±2.27 mmHg/ml へ、C 群は、4.03±1.86 mmHg/ml から駆動 2 時間後に 7.23±2.06 mmHg/ml へ、D 群は、3.94±1.21 mmHg/ml から駆動 1 時間後に 7.99±1.37 mmHg/ml へ改善を示した。各群間に有意差は認めなかった (図 4).

図 4 $E_{\max}$ と NST の変化

D 群 ●——● SCSR+IABP ($n=7$), C 群 △---△ SCSR ($n=7$), B 群 □——□ IABP ($n=7$), A 群 ○——○ control ($n=7$). mean±SD. * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

図 5 Sigma-ST と MBF の変化

D 群 ●——● SCSR+IABP ($n=7$), C 群 △---△ SCSR ($n=7$), B 群 □——□ IABP ($n=7$), A 群 ○——○ control ($n=7$). mean±SD. * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

2 mV 以上の ST 上昇を認めた計測点の数である NST (points) は、結紮後、各群とも増加し、SCSR を用いた C 群、D 群は、駆動開始により著大な低下を示した。駆動 2 時間後、C 群では、 18.4 ± 1.3 points が 12.5 ± 4.2 points へ、D 群では、 18.3 ± 1.6 points が 11.7 ± 4.5 points へと有意 ($p < 0.01$) な減少を認めた。IABP 単独使用の B 群とは、その低下傾向に有意差が認められた (C 群： $p < 0.05$, D 群： $p < 0.01$)。C 群、D 群間に有意差は認められなかったが、D 群のほうが低下傾向が強かった (図 4)。

各計測点における ST 上昇の合計を示す Sigma-ST においても同様な傾向がみられ、B 群の緩徐な減少傾向に比べ、C 群、D 群は、SCSR 駆動後速やかに減少し、有意差 ($p < 0.01$) が認められた (図 5)。駆動 1 時間後に、B 群が、 208.8 ± 15.8 mV から 182.1 ± 16.2 mV に低下 ($p < 0.05$) したの

に対し、C 群では、 195.4 ± 18.7 mV から 105.8 ± 8.4 mV へ、D 群では、 193.5 ± 11.3 mV から 109.9 ± 15.1 mV へ著明な低下 ($p < 0.01$) を示した。C 群、D 群間に有意差は認めなかった。

梗塞境界領域の心筋局所血流量 (MBF) は、梗塞作成によって低下し、SCSR, IABP の駆動開始後、D 群、C 群、B 群の順に改善した。D 群では、 103.8 ± 5.1 ml/100 g/min が駆動後 136.5 ± 11.4 ml/100 g/min へ、C 群では、 96.5 ± 7.3 ml/100 g/min が駆動後 124.7 ± 10.3 ml/100 g/min へ増加 ($p < 0.01$) し、D 群、C 群は、B 群に比し有意 ($p < 0.01$) に上昇したが、両群間に有意差は認められなかった (図 5)。

病理学的検索として、終了後に摘出した心臓の梗塞境界領域の電顕像を検討した。正常領域に比べ、対象群 (A 群) では、心筋細胞の核クロマチンの著大な凝集とミトコンドリアの膨化、クリス

図 6 梗塞境界領域の電顕像

タの断裂, ミトコンドリア内の無構造物質の沈着を認め, 強い, ischemia 像を示した(図 6). IABP 単独使用群 (B 群) においても, 核クロマチンの凝集は著明であり, グリコーゲン顆粒の消失, ミトコンドリアの膨化・変性, その中に無構造物の沈着を認める典型的な anoxia, ischemic heart の所見であった. しかし, 筋線維はある程度保護されており, anoxia, ischemia が軽度であることを示していた. 一方, SCSR 単独使用群 (C 群) では, 核は軽度の細胞浮腫を示し, また幅の狭い筋線維が認められ, atrophy の傾向を示したが, ミトコンドリアの構造は比較的保たれていた (図 6). SCSR, IABP 併用群 (D 群) では, 核に軽度のクロマチンの凝集とグリコーゲン顆粒の減少を認めるが, その他, 筋線維, ミトコンドリアの変化はなく, ほぼ正常に近い心筋細胞であった.

考 察

IABP は, 最も簡便に使用可能な補助循環法として, 現在広く臨床応用されてきている. しかし, IABP は balloon を心臓の拍動周期に同期させる圧補助法であるため, 冠血流量が増加するといえ, 梗塞領域の縮小効果の点で限界があると思われる^{21,22)}. メカニズム上, 虚血領域の中心部および境界領域への順行性の血流による酸素供給は, 十分には維持されず, IABP のみでは虚血心筋の救済が十分とはいえない. 臨床上, 左冠動脈主幹部病変例, 多枝病変例や薬剤抵抗性の広範囲な冠攣縮例では, IABP の効果が十分現れない可能性がある. このような病態に対して SCSR を併用することを前提とし, 実験的に虚血の軽減, 血行動態の改善について検討した.

経冠静脈的逆行性灌流による心筋保護は, 1948 年 Beck ら²³⁾ により初めて試みられた. 虚血性心疾患患者に対し, 冠静脈洞と大動脈との短絡手術を行い, 逆行性に動脈血を虚血領域に送血することを意図したが, 心筋浮腫, うっ血性心不全を招き, 臨床上治療とはなりえなかった. その後カテーテルの進歩に伴い, 1976 年, Meerbaum ら⁶⁾ により SCSR が考案された. これ以降 SCSR 使用による血行動態の維持, ST-T 変化の軽減, 梗塞サイズの縮小化, 左心機能の保持などの報告⁷⁻⁹⁾ が

なされるようになり, その有用性が唱えられ, 臨床への応用が開始されてきている¹¹⁻¹³⁾.

今回の検討では, 血行動態の改善に関しては, IABP を用いたものが, SCSR 単独使用の場合より有用であることが示唆された. すなわち大動脈圧 (peak) は, IABP 使用群では駆動後, その diastolic augmentation 効果により, 直ちに上昇を認めたが, SCSR 単独使用群では横ばいではあるものの, 対象群で大動脈収縮期圧が低下し続けたのに対し, 維持することが可能であった. また, LVEDP, $LV_{max} dp/dt$, E_{max} において, SCSR 単独使用群が IABP 使用群に比し, その改善が緩徐ではあったが回復を認めたことは, SCSR が, 局所心筋保護を介して全体の左心機能を維持しうる可能性を示している.

一方, 虚血心筋領域の評価として心外膜マッピング心電図を用いた NST, Sigma-ST, および MBF に注目すると, IABP 単独使用群に比し, SCSR 使用群は有意に改善を認めている. Maroko¹⁵⁾, Robert¹⁶⁾ らにより, 心外膜マッピング心電図による IABP の虚血領域の縮小効果が報告されているが, 今回, SCSR を用いることで, より高い効果が確認でき, 有効性が示された.

形態学的評価として, 実験終了後に心臓を摘出し, 電顕による境界領域の病理学的変化を比較検討したが, SCSR 使用群では, ミトコンドリアの構造配列が比較的保たれ, クリスタの断裂や無構造物質の沈着もなく, グリコーゲン顆粒の減少や核のクロマチン凝集変化もごく軽度であった. 軽微な細胞浮腫と筋線維の atrophy 傾向を認める以外は, 心筋微細構造はよく保たれており, 心筋虚血性変化は乏しいものであった. これは SCSR によって, 逆行性に心筋虚血領域への酸素供給の増加がなされ, 組織 hypoxia の改善, さらには虚血領域に発生する毒性特質が wash out される¹⁰⁾ ことにより, 虚血心筋の保護が良好に維持された結果と思われた.

以上の結果は, 特に梗塞境界領域において検討し, SCSR の有用性を得ることができたが, 完全に完成された梗塞巣に対する SCSR の効果は, 現在のところ明らかではなく, 今後の研究課題と思われた.

SCSR の実際の施行に際しては、平均灌流圧を 40 mmHg 以下に保つことが肝要であった。Hammond ら²⁴⁾ は、逆行性冠灌流法における灌流圧が 60 mmHg 以上で冠静脈系の損傷をきたすことから、35 mmHg の灌流圧を用い、Gott ら²⁵⁾ は、40 mmHg 以上で心表面に点状出血を認め、80 mmHg 以上では冠静脈の破綻をきたすと報告し、30 mmHg の灌流圧を推奨している。著者は、SCSR 用カテーテルが静脈内で wedge し、ドレナージが不能となって灌流圧が上昇し、静脈周囲に出血を呈して死亡した 1 例を経験したのみである。通常、冠灌流圧を 20～30 mmHg に調節することにより、冠静脈の破綻、心筋浮腫などの合併症を防ぎ、安全に使用することが可能である。このことは、電顕による病理学的な変化（心筋浮腫が最小限度であったこと）でも形態学的な裏づけとして示されたが、今後、さらに最適な送血量和灌流圧を検討する余地を残していると思われた。

また、SCSR の問題点として、大心静脈から逆行性に自家動脈血を送血するため、梗塞サイズを縮小化しうる領域が、左前下行枝および回旋枝領域に限られるということがある。すなわち、解剖学的に右室前壁からの冠静脈は冠静脈洞に注ぐものは少なく、直接右心房へ流入することが多いとされている。しかし、Gott ら²⁵⁾ は、イヌを用いた実験上、逆行性冠灌流量 45 ml/min、灌流圧 45 mmHg 時に、右心系に 25 ml/min もの流出があったと報告しており、右室への灌流には毛細管レベルでの血管網が、左心系静脈から右心系静脈への連絡において重要な役割を果たしていると推測される。いずれにしても右室梗塞は稀ではなく、SCSR の右への効果という点で、今後問題となり検討されるべきものと思われた。

SCSR は、虚血領域の縮小化、心筋代謝の改善による冠循環補助を行い、冠循環補助を介して体循環も維持しうることが期待できる。今回の実験でもその有用性が確認され、IABP の同時駆動による相加効果が示唆された。臨床上、単独使用のみならず、PTCA 施行中の補助循環装置として用いられ、PTCA 適応の拡大が試みられている。また、自家動脈血を送血するという心筋酸素化システムとしてだけでなく、血栓溶解剤、抗不整脈剤、

心臓外科における cardioplegia 液の投与経路として臨床応用されることが期待されている。著者の実験のごとき SCSR と他の補助循環装置を併用した臨床報告はまだないが、急性心筋梗塞における PTCA や PTCA が不成功に終わった心原性ショック症例、緊急 CABG までの期間、術後の心筋障害等、心周術期心筋梗塞ないし心虚血に対して SCSR の適応を考えている。SCSR をいつ、どのような補助循環と併用するかというプログラミングについては、今後の課題であろう。

結 論

1. 重症虚血性心疾患に対する冠循環補助として SCSR と IABP を併用し、その心補助効果について実験的に検討した。

2. 冠循環補助の assist device として SCSR は、逆行性に心筋虚血領域への酸素供給を増加させることにより、虚血領域の縮小化、心筋代謝の改善に効果的であった。

3. SCSR と IABP の同時駆動法は、順行性の冠血流が十分得られない重症虚血性心疾患に対し、有効な補助循環法になりうることが示唆された。

稿を終えるにあたり、直接ご指導、ご校閲を賜った恩師瀬在幸安教授に深謝するとともに、ご援助いただいた第 2 外科学教室の諸兄および共同研・斎藤敏三氏に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 瀬在幸安, 重盛隆一, 北村一雄ほか: IABP (Intra-Aortic Balloon Pumping). 医学のあゆみ **113**: D59-D65, 1980.
- 2) Bregman, D.: Clinical experience with the dual-chambered intra-aortic balloon and System 80. J. Cardiovasc. Surg. **15**: 193-199, 1974.
- 3) 瀬在幸安, 長谷川隆光, 宮本 晃ほか: 補助人工心臓. 医学のあゆみ **134**: 733-740, 1985.
- 4) 瀬在幸安: 補助心臓の臨床応用と今後の課題. 胸部外科 **42**: 670-676, 1989.
- 5) Sezai, Y.: Current status of clinical applications of pneumatic ventricular assist devices in Japan. Artificial Heart **1993**: 23-33, 1993.
- 6) Meerbaum, S., Lang, T., Corday, E., et al.: Diastolic retroperfusion of acutely ischemic

- myocardium. *Am. J. Cardiol.* **37**: 588-598, 1976.
- 7) Farcot, J. C., Meerbaum, S., Corday, E., et al.: Synchronized retro-perfusion of coronary veins for circulatory support of jeopardized ischemic myocardium. *Am. J. Cardiol.* **41**: 1191-1201, 1978.
- 8) Yamazaki, S., Drury, K., Corday, E., et al.: Synchronized coronary venous retroperfusion: Prompt improvement of left ventricular function in experimental myocardial ischemia. *JAAC* **5**: 655-663, 1985.
- 9) Drury, K., Meerbaum, S., Corday, E., et al.: Synchronized diastolic coronary venous retroperfusion: Results of a preclinical safety and efficacy study. *JACC* **6**: 328-335, 1985.
- 10) Mohl, W., Glogar, D. H., Wolner, E., et al.: Reduction of infarct size induced by pressure-controlled intermittent coronary sinus occlusion. *Am. J. Cardiol.* **53**: 923-928, 1984.
- 11) Gore, J. M., Weiner, B. H., Dalen, J. E., et al.: Preliminary experience with synchronized coronary sinus retroperfusion in humans. *Circulation* **74**: 381-388, 1986.
- 12) Kar, S., Drury, K., Corday, E., et al.: Synchronized coronary venous retroperfusion for support and salvage of ischemic myocardium during elective and failed angioplasty. *JACC* **18**: 271-282, 1991.
- 13) 児玉和久, 西田和彦: Coronary sinus retroperfusion. 集中治療 **3**: 541-545, 1991.
- 14) Ergin, M. A., Dastgir, G., Stuckey, J. H., et al.: Prolonged epicardial mapping of myocardial infarction. The effects of propranolol and intra-aortic balloon pumping following coronary artery occlusion. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **72**: 892-899, 1976.
- 15) Maroko, P. R., Kjekshus, J. K., Brounwald, E., et al.: Factors influencing infarct size following experimental coronary artery occlusions. *Circulation* **43**: 67-82, 1971.
- 16) Robert, A. J., Alonso, D. R., Gay, W. A., et al.: Role of delayed intra-aortic balloon pumping in treatment of experimental myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.* **41**: 1202-1208, 1978.
- 17) 山本知則: 心筋虚血領域に対する補助人工心臓の効果—特に心外膜マッピング心電図, 心筋局所血流量からの検討—. *日胸外会誌* **36**: 2363-2371, 1988.
- 18) 鈴木 修: 急性右室梗塞に伴う右心不全に対する補助循環の効果に関する実験的研究—特に RVAD と IABP について—. *日胸外会誌* **37**: 1517-1525, 1989.
- 19) Koshu, K., Kamiyama, K., Saito, T., et al.: Measurement of regional blood flow using hydrogen gas generated by electrolysis. *Stroke* **13**: 483-487, 1982.
- 20) 折目由紀彦: 急性左心不全に対する大動脈バルーンパンピングと左心補助人工心臓の併用法に関する実験的研究; 特に冠血流量, 腎血流量に及ぼす影響について. *日胸外会誌* **34**: 829-837, 1986.
- 21) 岡田昌義, 中村和夫: IABP の適応と限界—本邦における IABP ならびに補助人工心臓の現況と将来の展望—. *胸部外科* **39**: 172-181, 1986.
- 22) 塩野元美, 長谷川隆光, 瀬在幸安ほか: IABP の限界と補助人工心臓. *胸部外科* **39**: 208-212, 1986.
- 23) Beck, C. S., Stanton, E., Leiter, E., et al.: Revascularization of heart by graft of systemic artery into coronary sinus. *JAMA* **137**: 436-442, 1948.
- 24) Hammond, G. L., Davies, A. L. and Austen, W. G.: Retrograde coronary sinus perfusion: A method of myocardial protection in the dog during left coronary artery occlusion. *Ann. Surg.* **166**: 39-47, 1967.
- 25) Gott, V. L., Gonzalez, J. L., Lillehei, C. W., et al.: Retrograde perfusion of the coronary sinus for direct vision aortic surgery. *Surg. Gynecol. Obstet.* **104**: 319-328, 1957.