

# 体外循環の研究

金沢大学医学部第一外科教室(主任 卜部美代志教授)

卜部 美代志 村上 誠一  
 疋島 巖 上山 武史  
 樋口 正樹 高橋 一郎  
 永守 郁夫

(昭和40年7月3日受付)

1953年 Gibbon が、最初に人工心肺装置を使用し、心房内隔欠損閉鎖術に成功をおさめて<sup>2)</sup>から今日まで、人工心肺の発展は瞠目に価するものがあり、本装置の使用により一時的に心肺機能を代行させて行なわれる開心術は、現在標準的な手段として全く安全と考えられ、汎く採用されている。この間、初期において問題となつた各種人工心肺装置の間の優劣は解消され何れの型式によつても数時間の灌流に耐えるようになり、研究の焦点は体外循環時の病態生理、就中、長時間灌流に伴う問題点の解明の方向に絞られてきている。

金沢大学第一外科教室においては、1955年、人工心肺による体外循環の研究が開始されて<sup>13)</sup>以来、今日まで多くの研究がなされてきた。初期には装置の改良と安定した灌流技術の習得に主眼がおかれたが、装置の完成と共に体外循環時の循環動態と代謝の変化について研究が行なわれ、さらに熱交換器による血液冷却に基づく低体温法併用の研究へと発展し、現在では人工心肺による開心術は安全な手術となり、臨床例も数多くなつている。

本論文においては、これらの研究成績に基づいて体外循環時の生体反応を中心として、その安全限界について考察すると共に、臨床応用に関する問題点を検討する。

## I. 人工心肺装置の改良

### 1. 人工心としての pump 装置

人工心としての pump は、生体の静脈系より脱血した血液を酸素化装置に送り込み、さらに生体動脈系へと送血する機能を営む。

このため pump は次の諸条件をみたすものでな

ければならない。

- 1) 血液を損傷、変化させないこと。
- 2) 生体内の抵抗の変化によつて送血量が変動しないこと。
- 3) 駆出量を短時間内に正確に変化させ得ること。

この条件をみたすものとして、正確な occlusive pump がある。これによれば渦流による血液の破壊を最小限に止め、抵抗の増減に抗して流量を一定にするとともに、回転数の変化に従つて流量を増減することができる。pump については、圧縮によつても層状剥離を生ぜず、しかも、内面は撥水性をもち、弾性に富んだものが望まれる。

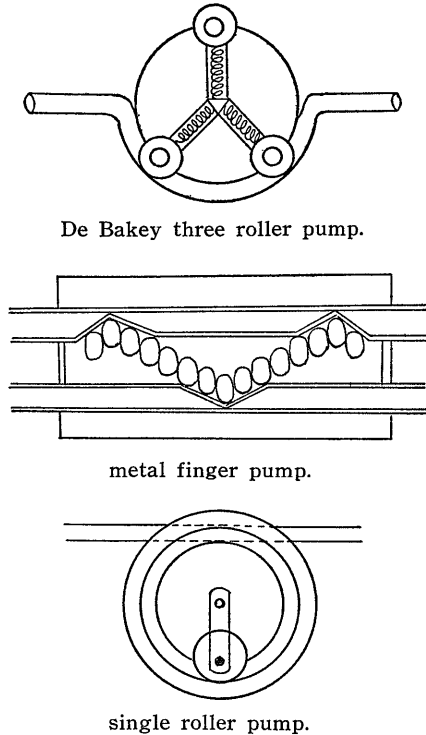
このほか、pump に関しては、拍動波形、1回搏出量、priming 量などが問題となるほか、滅菌が容易であることも必要な条件である。

私共は既に発表してきた<sup>7)</sup>如く(図1)、DeBekey 型 three roller system pump (泉工社製)、sigma motor metal finger 型 (泉工社製)、Mayo's single roller pump (Med-Science 社製)、などを使用してきた。pump に用いる tube としては latex gum, silustic tube などを使用しており、実験では10数時間回転を続けても殆んど内面の剥脱はみられないが、臨床使用にあつては1~2回で廃棄交換している。

これらの pump はいずれも流量と回転数が殆んど直線的に変化するようになつている。すなわち、De Beakey 型 three roller pump では 220 cc/min. より 1400 cc/min., sigma motor metal finger pump では 300 cc/min. より 2000 cc/min., Mayo's single roller pump は 250 cc/min. より 5000 cc/min. までの範囲にわたつて変化する。このうち、現在使用している 360° 回転 single roller pump は生体内あるい

Studies on the Extracorporeal Circulation. Miyoshi Urabe, Seiitsu Murakami, Iwao Hikishima, Tekeshi Ueyama, Masaki Higuchi, Inchiro Takahashi & Ikuo Nagamori. Department of Surgery (I) (Director: Prof. M. Urabe), School of Medicine, Kanazawa University

図1 各種 pump の模式図



は回路内にも何らかの抵抗が生じてくると、自動的に回転数が減少するが、この場合、流量の低下したことは dial によつて読みとれるようになっており、前2者の如く空転してしまうことがない。

## 2. 人工肺としての oxygenator

**oxygenator** の具備すべき条件として、次の如きものがあげられる。

1) 静脈血を流量に関係なく酸素含量の高い動脈血にすること。

2) 血液を損傷しないこと。

私共は最初、直径 136 mm. の stainless 円板 47 枚をもつ disc oxygenator を使用した<sup>7)</sup>。priming volume は約 1500cc で、15ℓ/min.~20ℓ/min. の酸素を与えた場合、平均 67 cc/min. の酸素附加能力があつた。しかし、このような大量の酸素を吹き込むことは CO<sub>2</sub> の wash out を招き、血中 Pco<sub>2</sub> は極端に低下した。次いで、macro bubble type の oxygenator として Lillehei 型 oxygenator<sup>1)</sup> の改良型を製作した<sup>4)</sup>。この酸素附加能力は 94.7cc/min. であり、酸素吹込量を体重 10kg に対して 1~1.5 ℓ/min とした場合、血中 Pco<sub>2</sub> はほぼ正常に保たれる。

やがて、体外循環と低体温法との併用に研究の重点が移行し、低体温によつて生体の酸素消費量は減少す

るので oxygenator の酸素附加能力は余り問題とされなくなり、むしろ priming volum を減少することに努力が注がれ、積極的に oxygenator の小型化が計画され、Zuhdi 型 macro bubble oxygenator<sup>15)</sup> の改良型を試作した<sup>9)</sup>。この装置の酸素附加能力は 45 cc/min. であるが、冷却または加温中は並列灌流によつて生体内でも血液の酸素化が行なわれるので、血中 Po<sub>2</sub> は 100~250 mmHg, Pco<sub>2</sub> は 35~45 mmHg に保ちうる。なお、昨年入手した Med-Science 社製 Kay-Cross 型 disc oxygenator は直径 118mm の円板132枚を内蔵しており、流量が 5000cc/min. の場合でも静脈血を酸素飽和度90%以上に酸素化することが可能であり、酸素附加能力に関しては問題は既に解決したものといえる。

## 3. 人工心肺装置の自動制御

人工心肺装置の機能を生体の心肺系機能に近づけるために、今日まで種々の自動制御機構が考案されてきた。すなわち生体からの sign として、動静脈圧の変動、血中 Po<sub>2</sub>, PH, 血流速度などの変化、血液の pooling の状態などに応じて作動する自動制御化が試みられたのであるが、装置が複雑化するにもかかわらず、monitor による手動制御に比較して必ずしも有利とはならなかつた。現在では、私共が使用している Med-Science 社製人工心肺にみられる如き、還流静脈脈の重量変化が transducer を介して動脈側 pump に伝えられ、それによつて動脈側 pump の回転数が増減する自動制御方式と、disc oxygenator 内血液面の変動によつて段階的に静脈側 pump の停止が起り危険を防止する自動制御方式とが代表的なものであるが、数時間以内の体外循環にあつては、ほぼ満足すべき機能を示すものと思われる。しかし、将来10時間以上にも及ぶ体外循環が施行される場合には、再び自動制御方式は重要問題としてとりあげられるものと考えている。

## II. 人工心肺装置を用いた体外循環

### 1. 体外循環時の生体反応<sup>12)</sup>

常温下体外循環において、灌流量を 20~30 cc/min/kg 群、50~60cc/min/kg 群、70~80cc/min/kg 群の3群に分ち、灌流時間を20~30分間とした場合、血液中酸素含量、炭酸ガス含量、PH, buffer base, 血糖値、乳酸量、焦性ブドウ酸量などの変化を測定した結果、20~30 cc/min/kg 群においては生理的範囲を逸脱した値を示すものが多く、生存率も低い。これに対し、50~60cc/min/kg 群においては最も生体の変化が軽く、高い生存率を示した。これは低流量灌流群

では、組織は灌流量の不足によつて anoxia に陥るため、血中乳酸値の増量、buffer base の減少が著明である。50~60cc/min/kg, 70~80cc/min/kg 灌流群では、いずれも20~30分の灌流によつて anoxia はみられず、血中異常代謝産物の出現も軽度である。灌流後の回復もすみやかであつた。しかし、大流量灌流群では、送血と脱血との balance が破れやすく、とすれば灌流不全に陥るため、技術的に困難を伴うことが多い。しかし、順調に灌流することができるならば、乳酸値の変化よりみて、ことに長時間灌流の場合、大流量灌流群が 50~60cc/min/kg 灌流群よりもすぐれているものと考えられた。

2. 常温体外循環時の各種臓器における血行動態ならびに代謝

脳<sup>9)</sup>：灌流量 60cc/min/kg 群、30cc/min/kg 群の各々について P<sup>32</sup> を label した赤血球を用い稀釈法によつて脳血流を測定した。脳血流量は表 1 に示す

表 1 体外循環時の脳血流量

	脳血流量	灌流前値 に対する 比	全灌流量 に対する 比
灌 流 前	69.4 c.c./kg/ min	100	2.47
60c.c./min/kg 灌流時	55.4	80	4.7
30    "	45.4	66	6.6
15    "	31.0	41	8.0

如く、灌流量が減少するにつれて低下するが、両者の間に完全な平行関係はなく、全灌流量に対する脳血流量の比は漸次増大している。また、脳血管抵抗は末梢血管抵抗と逆に推移し、流量が少なくなるほど末梢血管抵抗は増大するのに対して脳血管抵抗は減少している。これは体外循環下では、cerebral vasomotor mechanism によつて、重要臓器たる脳に焦点をおいた血液の再配分が起つていることを示している。脳液、blood-brain-barrier および乳酸/焦性ブドウ酸比などを検討した結果、常温下で30分間血行遮断を安全に行なうためには、最低 60cc/min/kg の灌流量が必要であつた。

心臓<sup>10)</sup>：心臓は、脳とともに生命の維持に最も直接的に重要な臓器である。体外循環中の血行動態を検討した結果、心臓においてもまた特異な変動をみとめた(表 2)。すなわち、脳の血流量は灌流量が 60cc/min/kg になると、灌流前値の80%となつたが、冠血流量は同程度の灌流量の際は60%となり、低下率が大きかつた。このことは一見脳が心臓よりも生体にとり

表 2 体外循環時の心血流量 (冠血流量)

	冠血流量	灌流前値 に対する 比	全灌流量 に対する 比
灌 流 前	119.5 c.c./kg/ min	100	4.2
50~80c.c./min/kg 灌流時	55.3	60	6.1
20~40    "	36.0	40	8.8

重要なため、合目的な血液再配分が起つているように考えられるが、実際には心臓は血流遮断中は、“空回り”をしているため対庄仕事量は小であり、心筋収縮に要する energy は、かなり減少しているものと考えられる。事実この際の心筋酸素消費量を測定した結果、6.1 cc/min/100 gr. Hw. であり、この要求をみたすためには、60cc/min./100 gr. Hw. の血流量を必要とすることになる。すなわち 50~80cc/min/kg の灌流量で心筋には酸素負債が殆んど生じていないと推測され、生体にとつて最も合理的な血液再配分が行なわれていることを知つた。

肝臓<sup>9)</sup>：体外循環時に発生する splanchnic pooling は灌流動態の破綻の原因となり、しばしば予後に重大な影響を及ぼす。私共はこの間の消息をうかがうため、直接肝静脈吸引法により体外循環中の肝血流量を求めた。肝臓は灌流前には心拍出量の30%以上の血液配分にあずかつているため、灌流中の再配分の際には、不利な状態におかれることが危惧されたが、その結果(表 3)は腎臓などと異なり、ことに大流量灌

表 3 体外循環時の肝血流量

	肝血流量	灌流前値 に対する 比	全灌流量 に対する 比
灌 流 前	32 c.c./kg/ min	100	34
50~70c.c./min/kg 灌流時	21	62	33
20~40    "	8	21	23

流の際には、なおかなりの量の血流をうけている。しかし、低流量灌流の際には急激に肝血流量が減少することを知つた。肝動脈、門脈血管抵抗も低流量灌流群においては著しい上昇をみとめ、時には灌流前の3.2倍に及んだ。また門脈圧は、遮断開始と同時に急激に上昇し、肝における obstruction と splanchnic pooling との発生が推定された。さらに肝動脈静血の血糖、乳酸較差の測定結果からみて、低流量灌流群においては、肝の糖駆出および乳酸処理機能の低下などがみられ、嫌気性代謝亢進が生じ、代謝性 acidosis

の原因となつているように考えられた。

腎臓<sup>2)</sup> : shock, 出血などで循環障害が起つた際、脳、心臓などの重要臓器に対する血流を維持するために、筋肉や腎臓の血流が、まず犠牲になることは古くから知られているところである。体外循環時にも同様なことが起り、その結果灌流終了後の renal insufficiency の程度が予後を大きく左右する。腎血流量測定の結果では、表 4 に示す如く、灌流前の腎血流量の

表 4 体外循環時の腎血流量

	腎血流量	灌流前値 に対する 比	全灌流量 に対する 比
灌流前	c.c./min 337.8	100	22
60c.c./min/kg 灌流時	46.7	15.1	4.9
30 "	45.3	13.5	9.9

心搏出量に対する比は 22% であるのに対して、60cc/min/kg の灌流量群においては 4.9% となり、極端に低下している。しかし、30cc/min/kg 群においても殆んど同量の腎血流があり、全灌流量に対する比は 9.9% となり、60cc/min/kg の灌流の場合よりむしろ上昇しているが、これは腎が最低必要量の腎血流を確保する生体反応の示現とみられる。30分間の血流遮断後の腎血流量の回復と尿生産量とは、予後に密接に関連しており、腎血流量は大流量灌流群においては、1 時間後に灌流前値の 79.2%、低流量灌流群においては、63.9% を示す。糸球体濾過率も同様の傾向を示し、大流量灌流群において有意の差をもつて回復良好の傾向を示していた。結論として、腎は常温灌流によつては、たとえ比較的大流量灌流の場合でも灌流後 renal insufficiency を発生する危惧を示し、完全 by-pass の許容時間として 30分前後が限界であると考へたい。従つて長時間灌流を計画するためには、低体温との併用が要望されるわけである。

### Ⅲ. 体外循環下における心停止

完全心血流遮断下で開心術が施行されても、冠血管より流出した血液が手術野をみだし、とくに大動脈弁膜症の際は、大量の血液が貯溜するため手術が不可能となる。また心搏動が継続すると、複雑な心内操作を正確に遂行することが困難となる。そこで心内操作中、一時的に大動脈を遮断し、人為的に心搏を停止せしめれば、無血の静止した手術野が得られることになり、これはまた心筋酸素消費量を減少させ、冠血流遮断許容時間の延長をもたらすことにもなる。

### 1. 常温下体外循環心搏停止<sup>11)</sup>

私共はまず基礎実験により、臨床的に使用しうる濃度で心搏停止効果のある薬剤として、塩化 kalium, クエン酸 kalium, acetylcholine および acetylcholine に co-carboxylase を併用したのなどを選び、体外循環中、大動脈を遮断し、冠動脈内にこれらの薬剤を注入して、その効果を比較した。また大動脈遮断のみによる anoxic arrest についても検討した。その結果、心搏停止効果はクエン酸 kalium が最も確実であり、ついで acetylcholine に co-carboxylase を併用したものが良好であつた。大動脈遮断解除後の心搏再開については、acetylcholine 使用群において最も順調であつた。これに反し kalium 塩使用群においては心室細動発生例が多く、組織学的にも心筋障害をみとめた。以上の結果から私共は、常温体外循環の際に心搏を停止し、無血視野をうるためには、acetylcholine と cocarboxylase との併用が最も効果的であることを知つた。

### 2. 低体温体外循環による心停止<sup>14)</sup>

熱交換器併用による血液冷却体外循環では、当然の結果として、冷却とともに心搏数が急激に減少し、25°C では 1/2~1/3, 20°C では 1 分間に数回程度の搏動数となる。これがいわゆる、cold plegia の状態である。この際には心筋は弛緩し、酸素消費量の低下は冠灌流遮断許容時間の延長を可能ならしめ、私共の研究では、20~25°C において 30分ぐらいの冠血流遮断を行なつても容易に回復しえた。なお、灌流さえ順調に経過すれば、冷却中に心室細動の発生は殆んどなく、たとえ心内操作中に心室細動が発生しても、大部分は加温とともに正常搏動に回復し、counter-shock 必要とするものは僅かであつた。加温後の E.C.G. 所見として、薬剤による心停止にみられたような ST, T, の変化はみられず、20°C 程度の冷却では、心筋はほぼ正常の組織像を示し、私共は現在、臨床例に本法を用いているが、極めて安全であると考えている。

### Ⅳ. 体外循環と低体温の併用<sup>14)</sup>

人工心肺が完成の段階に達した現在においては、装置の不備を補う意味での低体温法の併用は無意味なものとなつている。30分程度の血流遮断ならば、常温灌流、低体温灌流のいずれの方法によつても安全に行なわれるようになつている。しかし、常温大流量灌流の場合、(1) 冷却および再加温灌流の必要がなく、perfusion syndrome の発現が少ない。(2) 遮断解除後より正常搏動に回復する、などの利点もあるが、一方、(1) 心搏動が強いと、心内操作が困難である。

(2) 血流遮断許容時間が短い。(3) 大動脈遮断解除時に多量の心内還流血がみられる, などの欠点もあり, とくに30分以上にわたる, 心内操作が予定される複雑な開心術に対しては不適當である。私共は異常代謝の抑制, 灌流動態の安定をうる目的で人工心肺装置に熱交換器を併用した血液冷却体外循環, すなわち, かかる方法による体外循環と低体温の併用について検討した。

### 1. 全血灌流と稀釈血灌流との比較

全血灌流冷却群においては, 冷却速度が大きく, 低い温度になるにつれて, 血液の濃縮, 粘稠度の増大, sludging などが起り, 血液の sequesterization が生ずる結果, 静脈血の還流は阻害され, とくに 20°C 以下ではこの傾向が強く, 大量の血液補填を余儀なくされることが多い。再加温時にも送血, 脱血の間の balance が大きく乱れることが多く, 30分間の血流遮断実験では成績不良であった。この欠点を補うため, 5%ブドウ糖液, 生理食塩水, 低分子 dextran などをを用い, 血液稀釈灌流を試みたところ灌流動態は安定化し, 生存率の向上をみた。稀釈するために注入する dextran 液の量が 20~40cc/kg の場合, 最も成績良好であったが, 増量して 80 cc/kg の場合にもよく生存をみている。

### 2. 臓器間温度差

部分灌流により冷却を開始すると心臓からの搏出血と人工心からの搏出血とが, 大動脈内で衝突することになり, 腹腔臓器より冷却が起り, ついで, 心臓, 脳が冷却され, ついで, 筋肉が冷却される。これは冷却速度が急速であるほど著明であり, このようにして生ずる臓器間の温度差は酸素消費量の不均衡を招来し, とくに最後まで高温のまま残される筋肉内では嫌気性代謝が起り, 乳酸が産生されるので, 私共は1.0~1.5°C/min の冷却速度で比較的緩徐に冷却するのが好ましいと考えている。緩徐に冷却する場合には, 血液性状の変化も少なく, acidosis も殆んどみとめられない。この目的のため私共は 20~40cc/min/kg の流量で冷却のための灌流を行なっている。

### 3. 血流遮断許容時間

完全な無血視野をうるため体外循環の停止, すなわち, “perfusion arrest” を行なうか, 体外循環を継続し大動脈遮断のみを行なうかは問題のあるところである。perfusion syndrome を予防する意味では体外循環時間を少しでも短縮する点で, perfusion arrest が有利と思われる。しかし, 私共の研究によれば, たとえ 2°C 近くの低体温であつても臓器の酸素消費量はかなり高く, 30分間の perfusion arrest の後に

は, 静脈血酸素含量の極端な低下, PH の下降, 乳酸量の増大などをみえており, 好ましい状態とは考えられない。これに反し, 冠血流のみを遮断した場合には, 他の臓器は, 極めて安定した状態にあり, perfusion arrest 群と比較して, 加温後の PH, Po<sub>2</sub>, Pco<sub>2</sub>, 糖代謝などは格段の差をもつて良好な状態を示した。しかし, いずれの方法によつても 20~25°C 付近では30分間以内の心血流遮断ならば解除後全例に心搏の再開をみえており, E.C.G., E.E.G., および組織像にも著変をみとめず, ほぼ安全と思われた。

## V. 臨床的応用例の検討

現在, 私共の教室において, 開心術は, 前述の如く, 体外循環と低体温法との併用により安全に行なわれている。しかし, 初期の常温灌流下に開心術を行なつた数例では, 灌流技術の未熟, 多量の心内還血による脱血, 送血の balance の破綻, あるいは心搏動による不確実な心内操作のために好成績をえられなかつた。すなわち, 僅かに A.S.D. と P.S. とに手術成功例をみたにすぎない。全血灌流による血液冷却超低温法は Fallot 氏四徴症の1例に行なわれたが, 最低直腸温 17°C で間歇的に合計83分間の血流遮断を行ない手術を施行した。本症例は加温時, 数回にわたり心室細動を発生し, 遂に心停止に至つた。一方, 血液稀釈法による開心術は5例に行なわれ, A.S.D 2例, V.S.D 2例の生存を得ている(表5)。しかし, V.S.

表5 無血人工心肺による開心術例

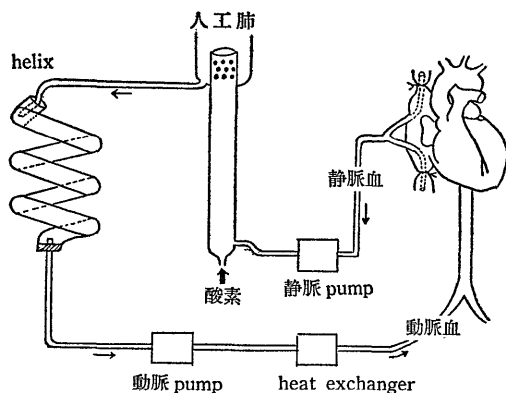
氏名	性	年齢	診 断	最低温度	遮断時間	予後
M. F.	♂	11	A.S.D	29.0	9分44秒	生
T. Y.	♂	16	A.S.D	26.8	9分30秒	生
S. O.	♀	11	V.S.D	24.8	13分・7分	死
M. S.	♂	13	V.S.D	24.7	9分・16分	生
M. A.	♂	5	V.S.D	24.0	10分	生

Dの1例を失つており, この症例は手術中動脈管開存を看過したことが, 再加温時の心回復を阻害したものと考えている。最も長時間にわたつて灌流を行なつた症例は V.S.D の生存例で, 灌流時間は冷却, 加温灌流をあわせ合計90分間に達しているが, この際の血中酸素含量は殆んど正常に終始した。しかし, 静脈血の炭酸ガス量は, 術中, 術直後でそれぞれ 30.5 Vol%, 31.5Vol% となり, CO<sub>2</sub> wash out を生じていたが, PH は術中 7.24, 術直後 7.32でとくに変化しておらず, さらに灌流時間を延長することが可能であることを暗示している。A.S.D. の1例では 50cc/kg に及ぶ

血液稀釈が行なわれたが、術中、術直後、術後1日目の赤血球数はそれぞれ、 $274 \times 10^4$ 、 $345 \times 10^4$ 、 $348 \times 10^4$ と低値を示しながらも、重篤な合併症もなく治癒している。

以上の成績より、私共は、無血人工心肺方式(図2)によつて約2時間までの灌流は可能であり、血液稀釈も50cc/kgまではとくに障害を残さず、血流遮断時間は1回あたり30分間前後、間歇的に行なえば、これ以上に及ぶことも可能であると考え臨床応用を行なっている。

図2 無血人工心肺回路



### 考 按

今や、人工心肺による開心術は標準的な方法として汎く一般に採用されており、これによつて先天性、後天性心疾患の大部分に対し、外科的修復が安全に確実に遂行しうる段階となつた。人工心肺の使用方法も常温灌流法、表面冷却併用体外循環法、血液冷却体外循環法など血液の温度と流量との点で種々の方法が行なわれており、いずれも優劣をつけ難い。私共の研究によると、常温灌流については50~60cc/min/kgと比較的大流量灌流を行なつた場合、約30分間の完全血流遮断が可能であつたが、この場合、腎、筋肉などの血流量が著明に低下しており、脳、心臓、肝臓などの重要臓器を中心とした、血液再配分が起つていた。この状態は30分間の血液遮断が限界であり、これ以上遮断時間を延長すると虚血状態に陥つた臓器に irreversible な変化を生じ、その予後をおびやかすようになる。

血流冷却低体温法には、循環動態の安定なこと、寒冷心停止下の心内操作の容易なこと、血流遮断時間の延長可能なこと、代謝の抑制されることなど有利な点が多く、また、20~40cc/min/kg程度の比較的低流量灌流によつても充分生命が維持されることを知つ

た。血液稀釈は最初血液冷却時の sludging を防止するために行なわれたのであるが、現在では低体温用小型人工心肺装置と組合され、灌流開始時全く新鮮血の充填を必要としない無血人工心肺方式に変貌をとげた。私共もこの方法で5例の臨床例の開心術を施行したが、現在のところ、20~21°Cで30分間の心血流遮断が充分可能な段階に到達したものと考えており、さらに長時間の灌流に成功をおさめるために研究を続けている。

### 結 語

金沢大学第一外科教室において体外循環の研究が開始されて以来、今日まで各方面にわたつて検討が続けられているが、最近では、臨床的にも安全に応用されるようになった。

この間の研究経過の概要は次の如くである。

1) 人工心肺による常温体外循環では50~60cc/min/kgの流量で30分間の完全血流遮断が可能である。

2) 熱交換器併用血液冷却体外循環には循環動態ならびに代謝の安定、心血流遮断許容時間の延長、さらに心内操作を容易にすることなどの利点が多く、20~25°Cで冠血流遮断許容時間は30分間である。

3) 熱交換器と小型酸素附加装置を用いて、血液稀釈下に、血液冷却体外循環を行なう方法は、大量の新鮮同型血を必要としないため、homologous blood syndromeの防止という点で優れており、臨床的にも安定性が高い。私共は本法によつて優れた臨床成績をおさめている。

### 文 献

- 1) Dewall, R. A., Warden, H. E., Varco, R. L. and Lillehei, C. W. : S.G.O., 104, 699 (1957).
- 2) 藤田健五 : 十全医会誌, 68, 467 (1960).
- 3) Gibbon, J. H., Miller, B. G., Dobell, H. C., Engll, H. C. and Voigt, G. B. : J. Thorac. Surgery, 28, 235 (1954).
- 4) 疋島 巖 : 日胸外会誌, 8, 700 (1960).
- 5) 小林 長 : 日胸外会誌, 8, 942 (1960).
- 6) 森 彦博 : 十全医会誌, 69, 436 (1963).
- 7) 村上誠一 : 十全医会誌, 61, 720 (1959).
- 8) 村上誠一・上山武史 : 十全医会誌, 印刷中.
- 9) 村上誠一・矢崎敏夫・塩谷謙二・森 彦博・清崎克美・上山武史 : 日胸外会誌, 12, 370 (1959).
- 10) 中川 昇 : 十全医会誌, 61, 797 (1959).
- 11) 塩谷謙二 : 十全医会誌, 69, 456 (1963).

- 12) 高崎義一 : 日胸外会誌, 8, 729 (1960).  
 13) 卜部美代志 : 心臓外科研究, 東京, 医学書院, (1958).  
 14) 卜部美代志・疋島 巖・藤田 健吾・塩谷謙二・森 博彦・上山武史 : 胸部外科  
 14, 462(1961). 15) Zuhdi, N., Kimmel, G., Montry, J., Carey, J. M. and Green, A. E. : J. Thorac. and Cardio, Surgery, 39, 629 (1960).

#### Abstract

Clinical and experimental studies have been made of the extracorporeal circulation from 1954 to 1965 in the Department of Surgery (I), Kanazawa University Hospital. The results obtained are as follows:

- 1) The total heart-lung bypass by means of normothermic extracorporeal circulation can be performed with safety if within 30 minutes at the perfusion amount of 50~60 cc/min/kg.
- 2) The core cooling by means of extracorporeal circulation by using a heat exchanger makes it possible to stabilize hemodynamics and metabolism, to prolong the occlusion time of coronary blood flow and easily to perform intracardiac surgery. The complete occlusion of coronary blood flow can be done for 30 minutes at the temperature of 20~25 °C.
- 3) The core cooling combined with the hemodilution method has a more excellent result than the who leblood perfusion because steady perfusion is accomplished without any homologous blood syndrome.