

1. 成人の体外循環

龍田 憲和* 中山 正吾* 千葉 幸夫**
畑 埜 義雄*** 藤 永 雅彦*** 福 田 和 彦***

はじめに

衆知のごとく手術補助手段としての体外循環法は、いわゆる開心術、A-C バイパス手術、近位大血管手術などに広く応用されている。しかしそれが必ずしも生理的なものといえないことも、またよく知られているところである。体外循環が長時間に及ぶと術後に心・肺・腎・肝・脳神経・内分泌系・網内系などの機能低下や血球・血漿成分の異常による合併症の発生率が高くなる。約一世紀に及ぶ体外循環研究の歴史とほぼ30年の臨床経験に基づいて、手術補助手段としての体外循環の装置・手技の基本は一応確立され、現今体外循環が手術死因とされる場合は非常にまれではあるが、上述のごとくなお幾多の問題点が残されていることは事実である。各施設では上述の基本のうえにそれぞれの研究と経験から組立てられたもっとも手馴れた体外循環法が行われているのが現況といえよう。著者は今回与えられた“成人の体外循環”という課題について自身の小経験を記述するが、総論的な課題であるため広く浅い記述になるとともに必然的に本誌上シンポジウムの他の課題との重複は不可避と思われる。したがって甚だまとまりのないものとなろうが、多くのご批判をえて自他ともに益するところがあれば幸いである。

1. 体外循環の術前準備と麻酔

上述のごとく体外循環は非生理的なものであるから、術前既に cardiac cachexia の状態にあるような重症例では長時間体外循環が術後合併症発生の大きい要素となることは否定できない。またこのような症例ではしばしば術前長期にわたって各種薬剤が投与されており、それがかえって体外循環中あるいは術後の全身状態に悪影響をもたらすことがある。一方では薬剤投与によって漸くコントロールされてきた循環動態が投薬中止によって悪化し、術中・術後の管理を困難とすることもあり、薬剤投与の継続あるいは中止が問題となる。とくにしばしば問題となるのは心不全に対する利尿剤長期投与による全身の potassium reserve の減少が術後の metabolic alkalosis やジギタリス中毒の原因になること、狭心症などに対する抗カテコラミン剤、抗不整脈剤が術後心機能を抑制する危険などである。最近われわれは必要な限り術前ぎりぎり迄これら薬剤の投与を継続するようになり potassium deficit に対しては術前からの抗アルドステロン剤・GIK 療法の併用、抗カテコラミン剤・抗不整脈剤使用例に対しては、手術前夜または手術日早朝からのニトログリセリン軟膏や冠拡張剤・抗不整脈剤の持続点滴を行い必要に応じてカテコラミンの併用、IABP その他補助循環法の応用によって対処するようになった。

麻酔前投薬は対象疾患によって異なるが、術中の血管抵抗値について後述する弁膜疾患を例にとると flurazepam (Dalmate® 10mg と Ravona®

*京都大学医学部第2外科

**武田病院心臓血管外科

***京都大学医学部麻酔科

50mg の手術前夜就寝前投与, 麻酔導入 2 時間前に diazepam 10mg, Ravona® 50mg 内服, 30 分前に scopolamine 0.3~0.4mg, morphine 10mg を筋注する. 手術室入室後直ちに静脈路を確保し, 局麻下に 橈骨動脈のカニューレション Swan-Ganz カテーテルの肺動脈挿入を行う. 麻酔導入は morphine 0.5~1.0mg/kg を約 20 分かけて投与した後, diazepam 10~15mg と筋弛緩剤として pancronium 6 mg あるいは curare 30mg を静注, 4% xylocaine の気管内スプレーを行い気管チューブを挿管する. 麻酔導入後は 50~70% 笑気を用い, 術中には diazepam, pancronium あるいは curare を適宜追加投与する. 更に体外循環開始直前には diazepam 10mg, morphine 10mg を追加投与する. 術中の呼吸管理は Manley Pulmovent Model MPP (BOC) を用いて人工呼吸を行い完全体外循環中は呼吸を停止し 100% O₂ で気道内圧を 2~5cmH₂O に維持する.

2. 対象, 体外循環回路, 充填液など

乳幼児の体外循環が成人のその単なる miniature でないことは明白であるが, 体外循環における“成人”の定義は必ずしも明確ではない. ここでは便宜上体重 30kg 以上を成人の目安として論じるが, 少なくとも体重 10~30kg のあいだの体外循環は回路・装置の容量の差を除けば原則的に成人の体外循環と大差ないものと思われる.

開心術を目的とする体外循環回路の構成は人工肺に気泡型を使用するか, 膜型を使用するかによっても異なってくるが, 最近流体抵抗の小さい膜型肺が製作され, これを用いると気泡型と同様落差脱血による酸素加が可能となり, 酸素加のためのポンプは不要である. 図 1 に最近われわれがもっとも多く使用している回路図を示す. ローラーポンプ 3 基を用い, この中 1 基は動脈送血用 (AP) 2 基は術野吸引用 (SP) である. 症例によっては左心ペント用ポンプ, 人工肺灌流用ポンプを使用することもある. 術中の心筋保護液注入は別の回路 (熱交換器を含む) を用いて落差注入で行いポンプは使用しない. 吸引ポンプ回路はそれぞれ途中で 2 本に分け別々の貯血槽につなぐ, 通常はその中 1 個 (FR1) を用いるが, 心筋保護液および局所冷却液によって高度に希釈された吸引液

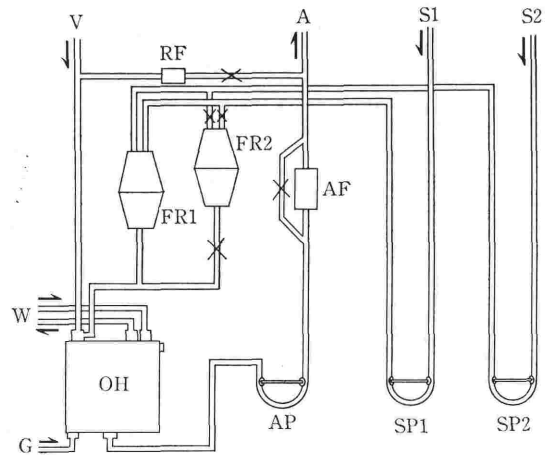


図 1. 成人体外循環回路図

A: 動脈ライン V: 静脈ライン S1, S2: 吸引ライン AP: 動脈ポンプ SP1, SP2: 吸引ポンプ OH: 人工肺および熱交換器 RF: 再循環回路内フィルター AF: 動脈ライン中フィルター FR1, FR2: フィルター付貯血槽 G: ガス吹送ライン W: 温冷水回路
(膜型肺使用例では AF は通常省略する.)

の一部は別の貯血槽 (FR2) に貯留させ, 術中回路充填液補充の必要がある時に適宜人工肺に送入して使用するようになっている. 貯血槽としては最近マイクロフィルター付き (pore size 21 μ) のものを使用し吸引回路中へのフィルター挿入は省略している.

最近のディスポーザブル人工肺は気泡型・膜型ともに熱交換器を内蔵または組合わせた製品であるため独立した熱交換器は使用しない. 動脈回路中にはフィルター (AF) を挿入し, これをバイパスする回路を加える. 回路内充填後体外循環を開始する前に回路内を環流させるが, この時には動脈フィルターをバイパスし, 再循環回路用フィルター (RF) を通過させる.

上述のごとく人工肺は気泡型と膜型を用いているが, われわれの膜型肺使用基準は厳密なものではない. 長時間の開心術あるいは術後補助循環を要すると予想される症例に膜型肺を使用している. ちなみに最近の気泡型人工肺使用例 120 例の完全体外循環時間, 大動脈遮時間および総体外循環時間の平均値はそれぞれ 61 分, 30 分, 87 分であるのに対し膜型肺使用症例 100 例ではそれぞれ 98 分, 62 分, 130 分であった. 気泡型人工肺としては BOS 10, Harvey 1500, 膜型肺としては Kolobow,

TMO (最近は LPM/50) などを用いている。

充填液としては通常サヴィオゾール® (3%デキストラン40, リンゲルラクテート液) を 30ml/kg 前後, 20% マニトールを 0.5~1.0mg/kg を主体とし, これに CPD 血, 沈層赤血球, アルブミンあるいは血漿製剤を加え更にヘパリン・カルチコール, ステロイド剤, γ -グロブリン製剤, 抗プラスミン製剤, 抗生物質などを加えている。血液希釈率はほぼ30%前後であるが上述の晶質液性心筋保護液, 局所冷却液 (リンゲル・ラクテート) によって希釈が加わるため最近 200 例の体外循環中最低ヘマトクリット値は $22.7 \pm 3.8\%$ であった。

3. 体外循環実施法

動脈ラインの送血管挿入は上行大動脈から行う場合と外腸骨動脈から行う場合がある。腸骨動脈に動脈硬化性病変のある症例, 術前あるいは術中から IABP を併用する症例, 拍動流体外循環を行う症例はすべて大動脈送血を行う。再手術症例は原則として胸部皮切前に外腸骨動静脈を露出し送脱血挿入の準備を行う。それ以外の症例に対しては厳密な選択基準を定めていない。

上大静脈への脱血管挿入は通常右心耳または右心房から行うが, 部分的肺静脈還流異常, 心房内血流転換術, Fontan like operation などでは直接上大静脈に挿入する。下大静脈への脱血管も通常右心耳または右心房から行うが再手術症例, Fontan like operation, 右心側ケント束切断術, Ebstein 奇型, Budd-Chiarri 症候群, 三尖弁置換術などの場合には外腸骨動脈から挿入している。左心系手術や A-C バイパス術の場合も通常上下大静脈にカニューレションを行っているが, 逆行性冠灌流を行わない場合には原則として上下大静脈の遮断は行わない。

通常血流冷却低体温を併用しているが, 成人心房中隔欠損閉鎖術は常温体外循環で誘発心房細動下に行っている。大動脈遮断60分以内と予想される症例には直腸温 30°C 前後, 60分以上が予想される症例, 虚血性心疾患, 成人ファロー四徴症などには直腸温 25°C 前後を目標にしている。大動脈遮断中における non-coronary blood flow による心筋温上昇の影響を小さくすることが主目的であるが, 成人ファロー四徴症では気管支動脈系から

の心腔内還流血が非常に多く, 心室中隔欠損閉鎖時のみ体外循環流量を $1/2$ 以下に落すか, あるいは $10\sim 15$ 分程度の完全循環停止を行うので低体温を強化することになっている。

成人体外循環における灌流量は通常 2.4 L/min/m^2 (体表面積) としており, 低体温併用時にも必要時以外には同様の原則で行っている。人工肺吹送ガスは通常 $100\% \text{O}_2$ を用い PaO_2 $150\sim 400 \text{ mmHg}$, Pv O_2 $40\sim 60 \text{ mmHg}$ を目標としているが, われわれの経験では気泡型肺での吹送気量/血流量比の平均値は 1.57 ± 0.59 , 膜型肺では 1.14 ± 0.31 であった。

ヘパリン使用量は回路内充填 CPD 血 200ml 当たり 10mg, その他の充填液に対しては $1,000 \text{ ml}$ 当たり 20mg を加え, 送脱血管挿入直前に 3 mg/kg のヘパリンを全身投与する。体外循環中は60分ごとに $0.5\sim 1.0 \text{ mg/kg}$ を追加投与するが, この際ヘモクロンタイム (ACT 時間) を30分ごとに測定し, これを $300\sim 400$ 秒のあいだに維持するようになればヘパリン使用量の節減が可能である。

プロタミンは体外循環中止後血行動態が安定した後, 使用ヘパリン量に対し当量投与するがこの場合もヘモクロンタイムを測定すればプロタミン投与量を節減できる¹⁾。

4. 心筋保護法

体外循環中の心筋保護法は本誌中で詳細に論じられているが, 成人体外循環法において欠くことのできない重要事項であるので簡単に触れることにする。Fluorometry の応用および energy charge の測定から, 大動脈遮断後瞬時に心停止とし, 同時に迅速に心筋温を低下させることがもっとも効果的な心筋保護法であるという教室の研究結果から, Young 液の用手注入による急速心停止後 MIK solution (manitol insulin kalium solution)²⁾ の間歇的冠灌流と, ice slush による局所冷却法を用いてきたが, 最近 blood cardioplegia の有効性を確認し重症例には MIK 液に代わり intermittent blood cardioplegia 法を用いている^{3~5)}。また大動脈切開症例に対しては連続的逆行性冠灌流法を用いて好結果をえている。

前述のごとく晶質液性心筋保護液, 局所冷却液等により高度に希釈された吸引液は回路中の貯血

槽(図1 FR2)に貯留させ必要に応じ人工肺に送入する。完全心停止に低体温下の灌流量減少または循環停止を併用すれば、術野からの吸引量は減少し、手術手技が容易に行えるだけでなく溶血および微小栓塞子発生の防止にも有効である。

5. 溶 血

血漿中ヘモグロビンの増加は腎機能障害、出血傾向、肺合併症の大きな原因になる。体外循環による溶血の原因は物理的原因と化学的原因に分類することができる。前者としては人口肺・ポンプ・回路チュービング・連結管・吸引装置などによる壁面との接触、剪断力・陽圧・陰圧・血液温・浸透圧などの影響などがあり、後者としては酸素・血液接触面における過酸化脂質の発生、充填液中の薬品、乳糜脂肪などの影響が考えられる。なかでも心腔内吸引に起因する溶血は全体の95%以上を占めるとされており、心筋静止術野において低吸引圧下に遅滞のない手術を行うことが溶血防止の面からもっとも重要であることは既に常識であろう。われわれはその他の溶血防止手段として血液希釈、マニトール添加、膜型人工肺の使用、pluronic F 68 や vit E の投与などを試みている。

一方弁膜疾患では既に術制から血中ビリルビン値の増加、ハプトグロビン値の低下をきたしているものがあり、このような症例に対してはヘモグロビン除去能力のあるハプトグロビンの術中、術後投与も有効と考えている。以上の配慮を行ってもなお高度溶血・ヘモグロビン尿の出現をみた症例には術後のハプトグロビン投与を行っている。

6. 微小塞栓防止

体外循環中の microembolism の発生は脳神経障害、腎機能障害、肺機能障害、網内系機能低下などの原因となる。発生源としては、回路内に充填する血液、人工肺・手術野などで発生する血小板凝集塊、血液破壊産物、組織片、異物、回路や人工肺から游出する微小挟雑物、除泡装置から出る脂肪球および微小気泡などである。

現在われわれが行っている微小塞栓防止法は、① 回路内へ注入する充填血液の濾過、② 体外循環開始前に回路充填液の再循環を行いその回路内のフィルターで慮過する(図1 RF)、③ 体外循

環中、心腔内吸引回路中にマイクロフィルター付きリザーバー(図1 FR1,FR2)を挿入する。④ 動脈回路中にマイクロフィルター(図1 AF)を挿入する。⑤ 心腔内吸引時に空気混入を避ける。⑥ 左心系心腔閉鎖時の気泡除去を確実にを行う、ことなどである。

要するに回路中にマイクロフィルター(pore size 20μ 前後)を挿入して microemboli を除去することが主体であり、その有効性については多くの報告があるが、他方体外循環による血小板減少の一因となるのが難点である。これに対しては血小板凝集能を一時的に抑制する薬剤(prostaglandin E_1 など)が有効と考えられている。もっとも困難なのは微小気泡の除去であるが、ここで注意すべきことは回路内の気泡除去のみでは不十分なことである。すなわち心腔内に残存する微小気泡は心拍再開後も容易に wash out されないことに注意しなければならない。教室の村口⁶⁾が術中の経食道エコー法により検索した結果、体外循環停止後にも左心系内に気泡によるコントラストエコー像が体外循環停止後にも10~20分にわたり把えられた(図2)。この所見は左心系ベント使用の有無と無関係である。この気泡は実際には非常に微細なものと考えられ臨床的にはこれに起因すると思われる合併症の発生はみられなかったが micro-air bubble の発生源が必ずしも体外循環回路のみでないことに注意すべきである。

7. 腎機能障害

体外循環後にみられる腎機能障害の発生率は1~10%と報告者により可成りの差があるが、腎機能障害と低拍出量症候群が合併すると致命率は高くなる。前述のごとく溶血によるヘモグロビン円柱や微小塞栓は体外循環後の腎機能障害の原因となるが、renin-angiotensin 系の異常による腎皮質血流の低下によって tubular necrosis が発生しやすい。これはとくに低流量長時間体外循環、無拍動流に関係があるといわれており、術前から多量の利尿剤投与を必要とした症例に長時間体外循環を行う場合にはこれらの点に十分留意すべきである。すなわち拍動流や末梢血管拡張剤の使用による腎血流の改善、微小塞栓、溶血の防止、術中よりの利尿剤の投与、ハプトグロビンの使用、

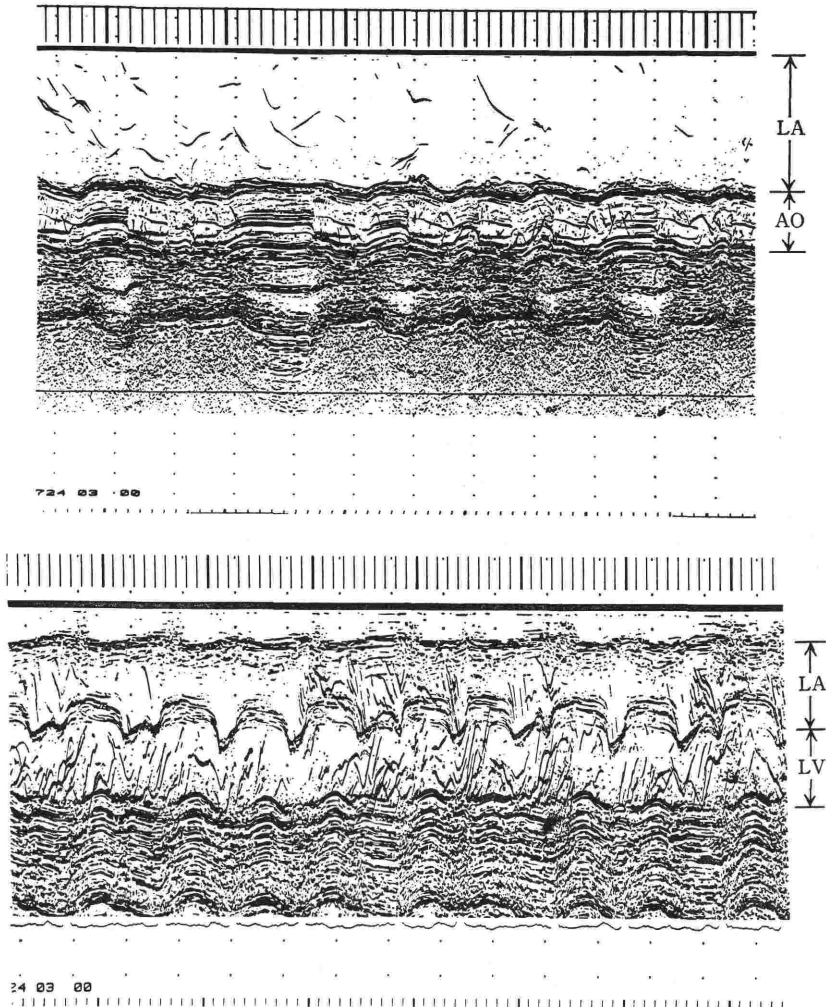


図 2. 左心系内の残留気泡 (経食道エコー検査による)

LA:左心房 LV:左心室 AO:大動脈

大動脈・左心房・左心室内にみえる斜線は残留微小気泡を示す。体外循環停止5分後に撮影したものである。経食道撮影法のため通常の前胸壁からのM-modeエコー図と前後(図では上下)関係が逆になっていることに注意されたい。

bicarbonate による尿のアルカリ化等の手段を適宜使用すべきである。血液高度希釈による水分負荷を軽減する意味で、いわゆる cell saver 方式や限外濾過法の応用、更に人工腎の同時併用も有効である。われわれも慢性血液透析を受けていた無尿患者の大動脈弁置換を人工腎の併用により成功させた経験がある。

術後発生した腎機能不全には腹膜透析・血液透析が必要であるが、そのコントロールは必ずしも容易でなく救命率は高くない。時には fluosemide の大量療法が有効なこともある⁷⁾。

8. 末梢循環

体外循環が非生理的であるといわれる最大の理由は全身の末梢循環を正常に維持することが困難なためであろう。開心術を目的とする体外循環では全身麻酔下に完全体外循環が行われるが、多くの神経反射機構、体液調節機構が損われた状態で低流量・非拍動灌流が行われることが一因と考えられる。このため体外循環中に rennin-angiotensin 系をはじめ内分泌系の異常, catecholamine の異常高値が惹起され末梢循環不全・代謝性アン

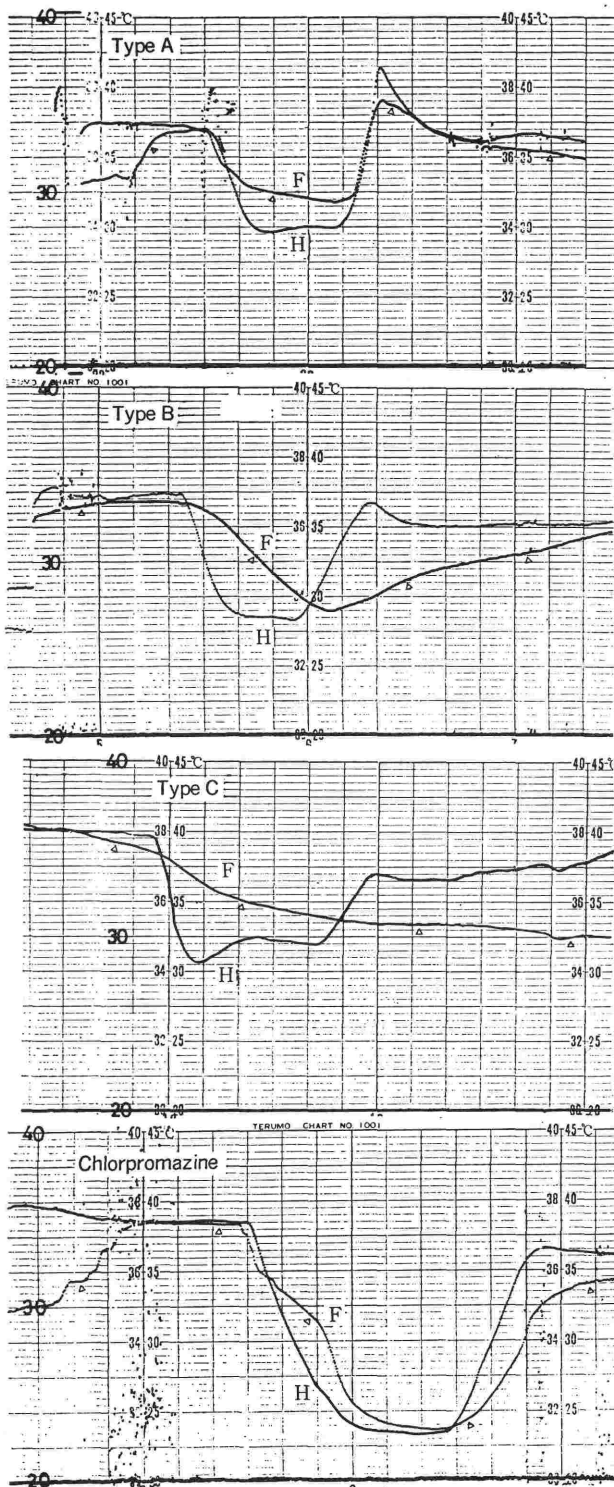


図 3. 中枢 (前額部), 末梢 (足趾) 深部温測による体外循環中末梢循環の検討
 Type A : 中枢・末梢温ともほぼ同時に変化し良好な末梢循環を示す。
 Type B : 中枢・末梢温の変動に若干の解離がみられるが、末梢循環は比較的良好と考えられる。
 Type C : 中枢・末梢温の変動に著明な解離がみられ末梢循環は不良である。
 Chlorpromazine : Chlorpromazine 使用例の中で Type A を示し良好な末梢循環を示した症例。
 H : 前額深部温 F : 足趾深部温

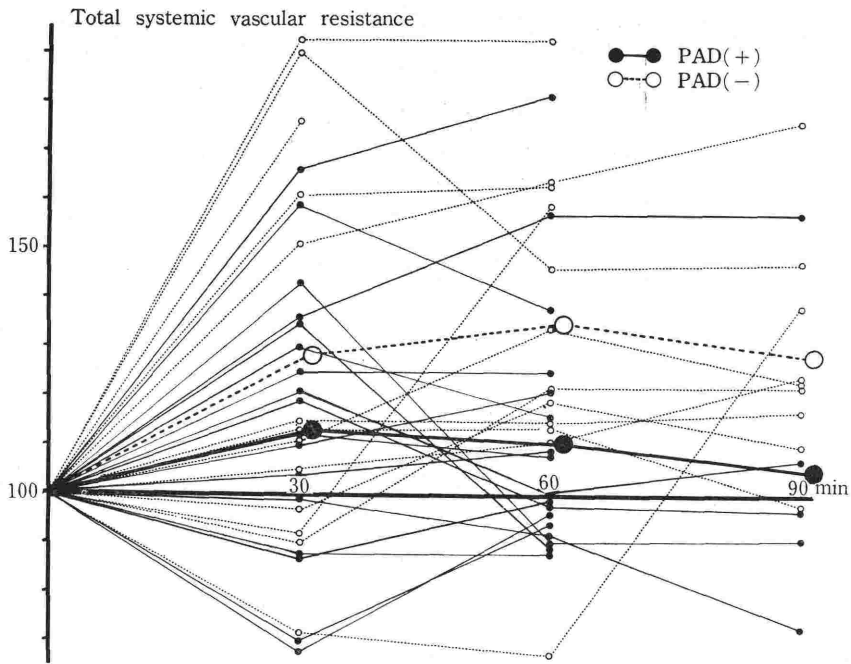


図 4. 拍動流体外循環症例 (PAD(+)) と非拍動流体外循環症例との末梢血管抵抗値の変動
体外循環開始前値を 100 としたものの。

ドーシスの進行が惹起される。

このような状況を改善するために種々の手段が講じられるが、血液希釈体外循環、低体温の併用、拍動流、末梢血管拡張剤の使用などが試みられている。ここでは拍動流と末梢血管拡張（末梢血管抵抗減少）について簡単に触れてみたい。拍動流の研究はわれわれの教室では20年を越える歴史をもっているが^{8,9)}、要するに高流量では拍動流と非拍動流との差は少なく、低流量(100 ml/kg 以下)では拍動流が有利な点が多いということに集約されるように思われる。最近拍動流をえる方式にはポンプによるもの、IABPの術中併用、PADの使用などがあるが、われわれは後2者の方式を試みた。千葉¹⁰⁾は前額および足蹠の深部体温の同時測定を末梢循環の指標とし、その変化を type A, B, C に分類した。その結果 type A は、IABP 使用群に多く、type B は PAD 群に、type C は非拍動流群に多い傾向を認めた。A, B, C の順に末梢循環は良好と判断される。また大腿部皮下血流量の測定においても拍動流群は非拍動流群にまさっていた。しかし末梢血管拡張剤として chlorpromazine を用いた症例の中には type A を示

す症例も認められ、その有効性が証明された(図3)。一方拍動流群 (PAD(+)) と非拍動流群 (PAD(-)) の術中末梢血管抵抗を比較すると有意差はないが拍動流群の方が末梢血管抵抗の変動は少なかった(図4)。

一方麻酔科畑草らは § 1 に述べた麻酔条件下で弁膜疾患症例を対象に末梢血管抵抗と心拍出量の測定を行っているが、その要約を図5に示す。体外循環条件は § 2, § 3 の基準により体外循環開始と同時に chlorpromazine 0.4mg/kg ベタメサゾン 4mg/kg, トランサミン 10ml を投与し非拍動流体外循環を行ったものである。

注目されるのは体外循環開始直前には手術操作によって末梢血管抵抗が著明に上昇し、心係数はむしろ低下していることであり、体外循環中は心係数は一定であるが末梢血管抵抗は低下傾向がみられる。この傾向は体温の冷却・加温時を通じて持続している。体外循環停止後には末梢血管抵抗は麻酔導入前とほぼ同じレベルを保ち心係数は増大している。すなわち末梢血管拡張剤の使用と麻酔条件によって末梢血管抵抗を増大させない配慮を行うことにより術中術後の末梢循環を良好に保

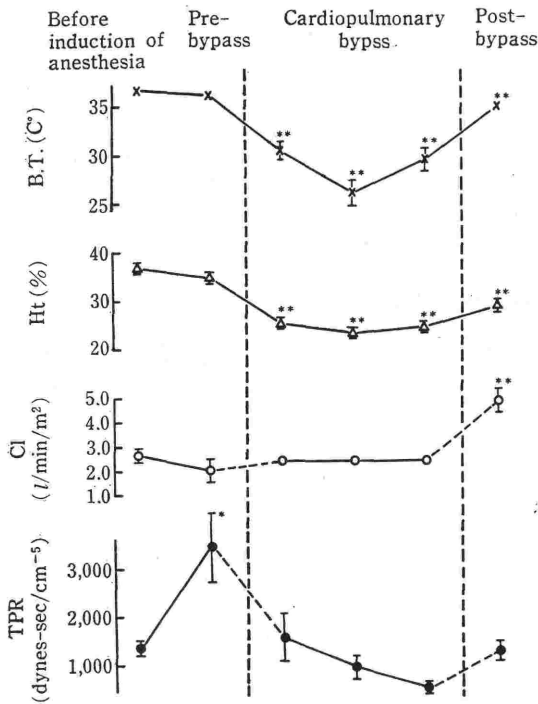


図 5. 弁膜疾患症例における末梢血管抵抗と心係数の変動

BT: 直腸温 Ht: ヘマトクリット値 CI: 心係数

TPR: 全末梢血管抵抗値

*: p 0.05 **: p 0.01 ***: p 0.001

(いずれも麻酔導入前値に対する比較)

体外循環中の3点はそれぞれ冷却中直腸温 30°C 前後、最低温 (25°C 前後)、および再加温中 30°C 前後に達した時点の測定値である。

持することができる。この図でみられる体外循環開始直前の末梢血管抵抗上昇は手術操作の stress によるものであり、とくに胸骨鋸断時の血圧上昇が著しい。最近われわれは胸部皮切前に 1% キシロカインによる胸骨骨膜の局所麻酔を試み、この時期の血圧上昇抑制に一定の効果を認めており、一方 fentanyl 大量投与によって同様の効果が期待され検討中である。

ま と め

開心術を目的とする体外循環は生体の循環・呼吸機能を代行するとともに手術遂行を容易にする手段であって、手術手技そのものに劣らぬ重要性をもつものである。しかしながら、それは生体の内部環境を人為的に大きく乱す非生理的侵襲であってほとんど全身に多大の影響を及ぼすものである。そのすべてを把握することは到底不可能であるが、

体外循環による侵襲を最小限とし、手術効果を最大限に引き出すために、ポンプ・人工肺を含む器械的要素、麻酔・低体温・血液希釈を含む薬理的要素の改良によって非生理的状态の防止、または改善が今後も一層続けられねばならない。成人手術症例には病悩期間の長いもの、心不全に起因する全身諸臓器の機能障害が合併する場合が多いため、病状の正確な把握と体外循環法の選択がより一層の重要性をもつことを強調したい。

文 献

- 1) 松田光彦, 龍田憲和, 大頭信義, 山田公弥, 青嶋実, 日笠頼則: 体外循環と賦活凝固時間試験 (ヘモクロンタイム). 人工臓器 6: 93~97, 1977.
- 2) 村田雄彦: 各種心筋保護法の実験的・臨床的検討, 特に Manitol-Insulin-Potassium (MIK)-Solution による間歇的冷却冠灌流法の臨床応用について 日外宝 50: 669~688, 1981.
- 3) 千葉幸夫: 心臓外科領域における Microfluorometry の応用. 1. Microfluorometry による心筋 Viability 判定. 日外宝 51: 307~314, 1982.
- 4) 千葉幸夫: 心臓外科領域における Microfluorometry の応用. 2. 心筋エネルギー代謝からみた虚血によるミトコンドリアの障害と Cold Blood Cardioplegia 法の安全限界について. 日外宝 51: 439~459, 1982.
- 5) 千葉幸夫: 心臓外科領域における Microfluorometry の応用. 3. 心筋エネルギー代謝, 脂質過酸化, コエンザイム Q₁₀ からみた心筋保護法 (GIK, Cold Blood Cardioplegia) の比較検討. 日外宝 51: 450~49, 1982.
- 6) Muraguchi, T.: Transesophageal M-mode echocardiography: Its clinical application for evaluation of left ventricular function soon after cardiac surgery. Arch. Jpn. Chir. 51: 831~861, 1982.
- 7) 松田捷彦, 龍田憲和, 小西 裕, 南 一明, 山里有男, 千葉幸夫, 白石義定, 村田真司, 村口和彦, 西脇 登, 日笠頼則: 開心術後の急性腎不全に対する利尿剤大量投与 (8,390mg/day) による治験例. 日外宝 51: 822~828, 1982.
- 8) Ogata, T., Ida, Y., Nonoyama, A., Takeda, J., Sasaki, H.: A comparative study of the effectiveness of pulsatile and non-pulsatile blood flow in extra-corporeal circulation. Arch. Jpn. Chir. 29: 59, 1960.
- 9) Daitoh, N.: The effects of nonpulsatile perfusion on the renal energy metabolism. Arch. Jpn. Chir. 47: 520~536, 1978.
- 10) 千葉幸夫, 村口和彦, 石原 浩, 山里有男, 白石義定, 龍田憲和, 日笠頼則: PAD (PBP) IABP による拍動流体外循環の検討 —— 主として末梢循環に及ぼす効果について ——. 呼と循 30: 603~609, 1982.

Extracorporeal Circulation for Open Heart Surgery, especially in Adults

Norikazu Tatsuta* Shogo Nakayama* Yukio Chiba**
Yoshio Hatano*** Yoshihiko Fujita*** Kazuhiko Fukuda***

* The 2nd Surgical Department, Faculty of Medicine, Kyoto University

** The Anestheological Department, Faculty of Medicine, Kyoto University

*** The Cardiovascular Department, Takeda Hospital

Extracorporeal circulation is as important as surgical technique in open heart surgery. This paper describes the preparation of the patients, anesthesia, perfusion procedures, myocardial protection, hemolysis, micro-embolism, renal dysfunction and peripheral circulation, especially pulsatile perfusion and vascular resistance.

Drastic pathological changes in the internal

milieu of adult patients with congestive heart failure who have been treated intensively for a long time require prolonged cardio-pulmonary bypass. It is most important, before performing cardio-pulmonary bypass in these patients to have an accurate understanding of the clinical situation and to plan the method of bypass to minimize complications due to extracorporeal circulation.