

胸腹部大動脈瘤手術における循環制御と術式

山田 崇之*

大動脈遮断を必要とする胸腹部大動脈瘤手術においては術中臓器循環維持のために体外循環あるいは低体温によって代謝を下げるなど術中の循環制御は手術成績を左右する重要な因子となる。動脈瘤の発生部位、範囲あるいは瘤の性状によって選択すべき補助手段、術式も異なる。心臓から駆出された血流の順序を追って部位、特徴、選択すべき補助手段、手術術式などについて検討した。

上行大動脈瘤＋大動脈弁閉鎖不全

単純な大動脈弁はさておいて問題となるのは Marfan 症候群の上行大動脈瘤＋大動脈弁閉鎖不全を伴う Annuloaortic ectasia である。本疾患では上行大動脈人工血管置換、大動脈弁置換そして冠動脈再建が必要となる。

Annuloaortic ectasia に対しては大動脈基部を残して瘤切除＋人工血管置換を行う Wheat 手術¹⁾が 1964年に発表されたが DeBakey ら²⁾は Wheat 手術後数年を経過して大動脈起始部の遺残大動脈から大きな瘤発生を見、再手術を余儀なくされた。1968年 Bentall, DeBono³⁾が雑誌 Thorax に composite graft による大動脈弁置換と上行大動脈置換を発表して以来、本症外科治療の軸となった。その後冠動脈再建方法についていくつかの改良が見られ、左右冠動脈口を連結するグラフトを側一側吻合で上行大動脈置換グラフトに吻合する Cabrol 手術⁴⁾、冠動脈周囲を完全に切り抜き上行大動脈置換グラフトに吻合する Carrel patch 法、冠動脈口と上行大動脈置換グラフト間に人工血管を interpose させ、緊張なしに冠動脈再建を行う Pichler-Pluth 法⁵⁾などが考案され現在応用されている。

これらの術式はすべてを満足させるものではなく、術式によって長所、短所が見られる。Bentall 手術の場合は冠動脈吻合部周囲に出血を認める場合はその制御が難しい。内膜の脆弱性のために吻合時に緊張があると亀裂を起こしやすいなどが問題となる。Marfan 症候群では Wheat 手術と同じく大動脈壁の性状によって吻合口が大きく残されると大動脈壁の瘤化が見られる。図1の大動脈造影は12年前、AAE＋AR のために Bentall 手術が施行されたが冠動脈吻合部の過剰大動脈壁のために瘤発生を見た術後大動脈造影所見である。Cabrol 手術の場合は小口径人工血管の血栓閉塞、血腫による圧迫閉塞、steal 現象による右冠動脈閉塞が問題となる。Cabrol 手術後順調な経過をとっていた患者に突然1年4カ月後心筋梗塞を発症し冠動脈造影では右冠動脈の完全閉塞がみられた。また、Cabrol 手術では上行大動脈グラフトに左右冠動脈共通の吻合口を持つグラフトを側一側吻合するこ

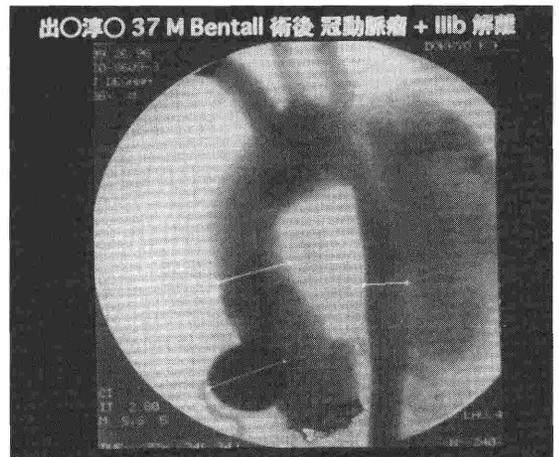


図1 Bentall 術後大動脈基部瘤

*獨協医科大学越谷病院心臓血管外科

とによって、右冠動脈の灌流域が少なく、血管抵抗が左冠動脈より高く、当然流量も少なくなる。その結果 Steal 現象によって更に右冠動脈血流量が減少し interpose された人工血管の反応も加わって血栓閉塞の発症となることも容易に想定できる。

Bentall 手術では脆弱な冠動脈口周囲に緊張があると容易に亀裂 (tear) を起こし、その処理に難渋する場合も少なくない。それを防止するために我々は小口径10 mmの人工血管を冠動脈口周囲縫着を緊張なしに容易に、しかも確実にに行える Piehler ら⁵⁾の Interposition graft 法を採用、応用してきた。その利点は右冠動脈の血栓塞栓症、屈曲の危険性は低下し、Carrel patch 法の様に冠動脈受動化の必要はなく、良好な視野のもとに吻合再建が可能であり、術後の冠動脈造影 (図2)でも右冠動脈、左冠動脈ともに良好に造影され、

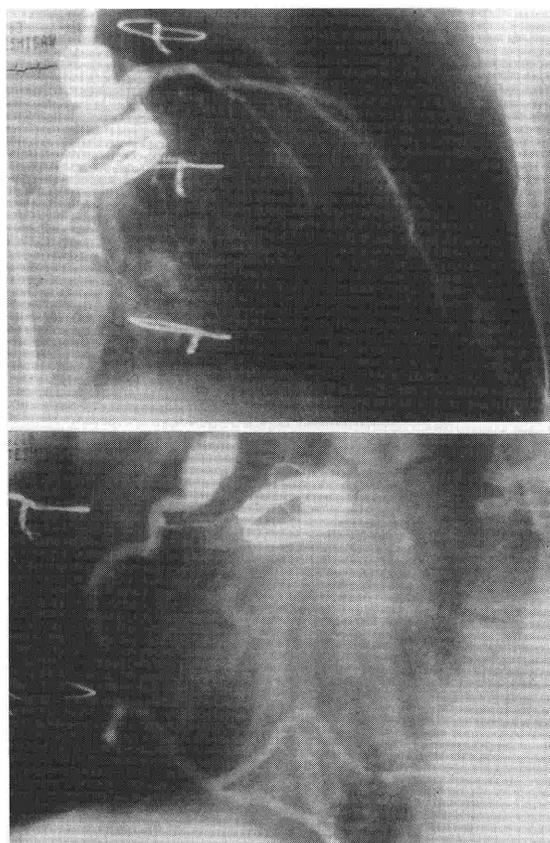


図2 Piehler 法術後冠動脈造影

Marfan 症候群に限らず上行大動脈置換と大動脈弁置換を必要とする症例に頻繁に用いている。

弓部大動脈瘤

動脈瘤病変が上行大動脈から弓部、左鎖骨下動脈以遠にまで及ぶ症例では体外循環時の送血は大腿動脈あるいは腋窩動脈から送血される。

この部位における動脈瘤手術では脳保護が大問題である。脳分離体外循環、低体温循環停止、上大静脈からの逆行性脳灌流、そして低体温下の循環停止による Open distal anastomosis などが用いられている。我々は基本的には脳分離体外循環⁷⁾を用いており、この方法は逆行性脳灌流、低体温循環停止と比較して、1.時間的制約がない、2.良好な視野が得られるなどの長所がある。然しながら、1.回路が複雑、2.鉗子による内膜損傷、3.動脈硬化病変がある場合送血カニューラ挿入に起因する debris による脳塞栓の危険、そして、4.未だ至適灌流量、灌流圧が確立されていないなどの短所も指摘されている。脳保護のための弓部分枝灌流量は施設によって異なっている。

弓部分枝灌流量と脳合併症の関係を見た報告⁸⁾では、初期の灌流量が多く、灌流圧を高く維持した時期では脳合併症頻度は高かったが、後期の灌流量を少なくし、灌流圧を下げると脳合併症は減少したことを見ている。我々は至適灌流量を求めべく分枝血流量の測定を行った。肺動脈カテテルによって心拍出量を求め、また同時に弓部大動脈分枝を露出し、各弓部分枝血流量を電磁血流量計によって測定した。腕頭動脈は600 mlで心拍出量の11.1%、左総頸動脈は277 mlで5.1%、左鎖骨下動脈413 ml 7.7%、そして冠動脈を5%と仮定すると上半身は28.9%、下半身71.1%なり従来から諸々の実験から認められている上半身30%、下半身70%の値と略一致し、弓部1分枝あたり心拍出量の約5%が供給されることになる。

体外循環の至適灌流量は2.2~2.4 l/min/m²とされ、この灌流量では脳障害は発生しないとされており、この測定によって脳組織に行かない外頸動脈流量も含まれているが心拍出量の約10%が脳に行くことができる。体外循環の至適灌流量の10%は体表面積1.3 m²の人では弓部1分枝の流量は150 ml/minとなり、体表面積2.0 m²では230 ml/minとなる。

体温と酸素消費量

全身の酸素消費量は体温の下降に伴って酸素消費量は指数関数的に低下することが報告されている⁹⁾。実験的に脳の酸素消費量を測定した Haegerdal¹⁰⁾のデータを Kirklin らの体温と酸素消費量のグラフにプロットすると、脳組織も全身と同じく体温低下に伴って酸素消費量も低下している(図3)。このことから脳の酸素消費量も全身酸素消費量と同じと考えれば良いことが推定出来、循環冷却によって低体温下で手術を行う機会の多い弓部大動脈瘤手術では弓部分枝1枝あたり200 ml以下の少量灌流量で脳保護が可能であると考えられる。

弓部瘤手術においても瘤の近位、遠位に吻合可能な大動脈壁を見る場合は体外循環を用いなくとも弓部大動脈置換が可能である。anterolateralの心筋梗塞のために心機能低下、EF 0.53, wall motionは#2, #3でhypokinesis, 冠動脈造影で#6で90%狭窄であったが上行、下行大動脈ともに石灰化の少ない大動脈壁が認められた弓部瘤の78才の老人では体外循環を用いることなく部分遮断鉗子使用下に上行大動脈-下行大動脈間に人工血管を吻合した。弓部分枝は適宜人工血管をinterposeし左鎖骨下動脈から吻合再建し、吻合が修了したならば人工血管経由で脳、上肢への血流を再開した。この症例では左総頸動脈再建は吻合遠位上行大動脈からの細いカニューラでシャントを増設し、脳への血液供給を安全かつ確実なものとした上で左総頸動脈の再建を行い、最後に瘤を

切開、断端閉鎖を行い手術を完了した。術後大動脈造影では弓部分枝は良好に造影されている。

胸腹部大動脈瘤

胸部下行大動脈瘤あるいは胸腹部大動脈瘤手術においては対麻痺が最も悲惨な合併症であり、その防止が重要である。このためには大動脈遮断中は部分体外循環によって下半身の血流を維持し、完全な脊髄への血行を再建することによって対麻痺防止が可能であると考えられる。

脊髄の血行は Willis の輪から派生する前脊髄動脈によって血液供給を受けている。しかしながらこの動脈は部分的に狭小となるか或いは完全に途絶している部分があり、大動脈からの頸部脊髄根動脈、胸部脊髄根動脈、中胸部脊髄根動脈、大脊髄紺動脈(Adamkiewicz動脈)によって血液供給を受けている。この脊髄への根動脈はT5からL5¹²⁾間に分布し、根動脈流入部近位の前脊髄動脈は狭小となり、上方への血流供給はなく、主として下方脊髄に血液を供給しているとされている。

対麻痺症状は失禁、深部腱反射低下、表在感覚消失、触覚消失、表在痛覚消失であり、深部痛覚、振動覚、位置覚は保たれるとされている。対麻痺の原因としては脊髄への重要な Adamkiewicz 動脈を出している肋間動脈あるいは腰動脈血流の途絶、体外循環時の灌流量低下、そして大動脈遮断時間の延長が挙げられている。Adamkiewicz 動脈はT5からL5間に分布し¹²⁾、根動脈流入部近位の前脊髄動脈は狭小となり、上方への血液供給はなく、主として下方脊髄に血液を供給しているので我々は脊髄虚血時間が対麻痺発生の決定因子であると考え可能な限り脊髄虚血時間を短縮する術式で対麻痺防止に対応して来た。

胸腹部大動脈置換手術

我々の胸腹部大動脈置換手術においては、胸腹部大動脈置換用グラフトの弓部大動脈遠位への吻合を部分体外循環下に行い脊髄並びに腹部大動脈分枝の虚血時間を短縮する。次いでこのグラフトをYグラフトで延長し末梢の総腸骨動脈に端側吻合するか、または下行大動脈の近位端に端々吻合する。大動脈遮断を解除し胸部下行大動脈近位端に吻合の場合は順行性に、総腸骨動脈に吻合の場合は逆行性に瘤内を灌流し、脊髄並びに腹部大

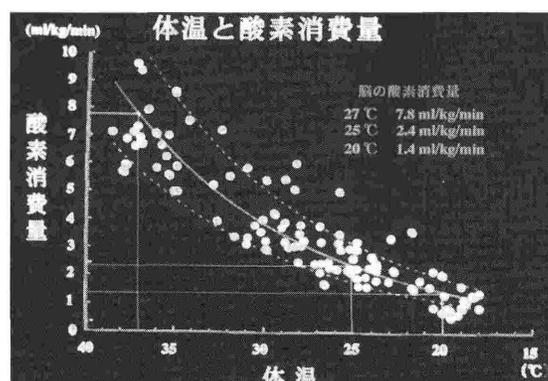


図3 体温と酸素消費量

動脈分枝の虚血を防止する。腹部大動脈分枝再建は手技的には DeBakey 術式¹¹⁾に準じて行い、腹部大動脈分枝が細い場合には瘤内灌流に用いた胸部下行大動脈への側枝、あるいは総腸骨動脈を遮断し瘤内への血流を減少させると動脈分枝を含めた動脈壁のボタン状分離が可能となり、分枝再建も極めて容易なものとなる。各分枝の吻合再建が終了したならば各臓器血流を再開する。

最後に脊髄への血行再建を行う(図4)。先に述べたように前脊髄動脈へはL5~T5間の肋間動脈、腰動脈から Adamkiewicz 動脈を含めた根動脈の派生を見るのでこの間の肋間動脈、腰動脈を全て Onlay patch 方式で再建する。我々は脊髄への血行を同定出来るとされる脊髄体位誘発電位(Somatosensory evoked potential, SEP)の測定は行っていない。また、例え同定出来たととしても再建までにかかなりの時間が費やされるので一定範囲の肋間、腰動脈を一気に、全て再建の方が虚血時間の短縮に連なると思われる。Adamkiewicz 動脈を同定した上での術中灌流の方法が確立されれば更に有効な脊髄保護手段となるであろう。このように左鎖骨下動脈直下の胸腹部大動脈置換グラフトの近位端吻合を部分体外循環下に行い、また腹部大動脈分枝再建時の瘤内灌流を用いる再建術式では腹部大動脈分枝、Adamkiewicz 動脈を含めた脊髄血行の虚血時間は各分枝の再建に要した時間のみであり、腹腔動脈 18.3 ± 8.9 分、上腸間膜動脈 10.4 ± 4.7 分、右腎動脈 17.6 ± 6.9 分、左腎動

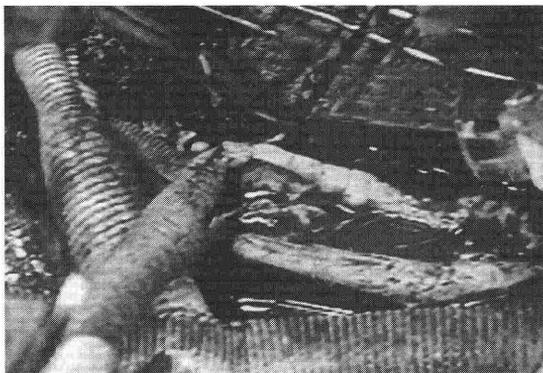


図4 腹部大動脈分枝を DeBakey 術式で再建する。脊髄血行再建は Onlay patch 方式で T5~L5 間の全ての腰動脈、肋間動脈を再建する。

脈 19.8 ± 15.5 分そして脊髄への血行再建は 23.0 ± 4.2 分であった。この方法で脊髄への血行を再建した症例では対麻痺を経験していない。

胸腹部大動脈においても弓部大動脈瘤と同じく部分遮断が可能な大動脈壁が近位に存在する場合は体外循環を用いなくとも下行大動脈-腹部大動脈全置換が可能である。上行大動脈の部分遮断によって近位端吻合を行い、末梢側を総腸骨動脈に吻合する。人工血管内血流を再開の後、腹部大動脈分枝を各々再建し最後に脊髄血行再建を行う。術後大動脈造影でも再建された腹部大動脈分枝、脊髄血行再建部位も良好に造影されている。この体外循環を用いない胸腹部大動脈再建を胸部下行大動脈に吻合可能な大動脈壁を有する DeBakey IIIb 解離人工血管置換+解離腔閉鎖術後、胸腹部大動脈瘤+腹部大動脈縮窄+左腎動脈狭窄+右腎動脈閉塞、次に述べる症例3の三腔解離破裂例で胸部下行開窓術+人工血管置換術後など胸部大動脈に吻合可能な人工血管あるいは下行大動脈壁が存在する全置換16例中5例に行われた。

三腔解離

胸腹部大動脈全置換を要する DeBakey III b 型解離の特殊な型として三腔解離が挙げられる。これは既存の慢性 III b 解離の壁に新たな解離が発生し、通常解離例で見られる二連続でなく三連続となった型で非常に稀である。Belgrade 医科大学病理学教室の剖検例2万3000例中わずか1例であったとも報告されている¹³⁾。本邦でもその報告は少ないが我々の埼玉県越谷の人口30万人前後の社会においても既に3例の三腔解離を経験し、CTの注意深い観察によって診断されるので症例数も増すものと推察される。診断のきっかけは解離による激痛発作の既往と再発、そして特有なCT所見によって診断が可能である。

三腔解離の診断は外科治療上、術式、補助手段の選択においても極めて重要であるので症例を呈示する。

症例1: 42才男, 1991年, 高血圧治療を開始し, 胸部激痛発作あるも自然に軽快. 1993年10月21日, 突然の前頸部, 胸背部痛発作, 近医でのCT検査で解離が証明され転院した. CTでは胸部下行大動脈起始部から両総腸骨動脈までの極めて狭小化

した真腔と拡大した2つの解離腔を認める三腔解離と判明した(図5)。大動脈造影では第一解離腔へのentryは下行大動脈起始部、第一解離腔から第2解離腔へのentryはそれのやや遠位部にあり、腹腔動脈、上腸間膜動脈は真腔起始、両側腎動脈は第2解離腔起始であり、また第2解離腔から両側総腸骨動脈にreentryを認めた。狭小真腔のために補助手段が困難であると判断し11月15日腎動脈下腹部大動脈をY-グラフト置換、同時に開窓術を施行した。2期手術(12月13日)では予め縫着しておいたYグラフト側枝から送血する部分体外循環下に腹部主要分枝血流を確保しつつ胸腹部大動脈全置換を施行し良好な結果を得た。

症例2:52才男、腰痛、腹痛及び下腹部拍動性腫瘍で入院した。enhanced CTで下行大動脈の解離腔は血栓閉塞し、腎動脈直上から三腔構造が認められ、所謂“the Mercedes-Benz mark sign”¹⁴⁾を呈していた。腹部大動脈分岐部で径8cmと著明な瘤拡大と真腔の圧迫所見を認めた。動脈造影上、腹腔動脈、上腸間膜動脈は真腔から起始し第一解離腔は腹腔動脈分岐直後にentryを有し左腎動脈を分枝し、両総腸骨動脈にreentryが見られた。第2解離腔はentry、reentryともに不明であったが遅れて薄く造影され右腎動脈を分枝していた(図6)。術前99mTc-DTPA静注によるRenogramでは両側腎のmax Peakは低く、特に右腎臓では排

泄が遅延し、左腎はhypofunction、右腎はafunctionの状態であった(図7)。腎動脈下で開窓術+Yグラフト置換術を施行し両側腎動脈の血流維持再開を計った。術後大動脈造影では両側腎動脈は良好に開存し(図6)、Tc-DTPA-Renogramでもmax Peakは著しく上昇し血流改善を示した。しかしながら右腎臓では排泄相の遅延が認められ、軽度の腎障害の存在を示唆した(図7)。この症例では現在CTによる厳重な監視下にあり経過観察中である。

症例3:40才男、不全型Marfan症候群で1994年高血圧症の治療を開始したが、胸痛も経験した。1995年突然の胸痛発作が出現し、5月13日近医でのCT検査で弓部大動脈遠位、左鎖骨下動脈直下に解離が証明され転入院した。CT上腹腔動脈、上腸間膜動脈は真腔、解離腔のいずれから分岐しているか確認しえなかった。1995年11月14日、突然、右胸腔に破裂、部分体外循環下に腹腔動脈及上腸間膜動脈の血流維持再開を目標に左鎖骨下動脈直下で胸部下行大動脈置換+開窓術の緊急手術が施行された。1年後の1996年12月13日、人工血管置換遠位の瘤拡大傾向を示したため胸腹部大動脈全置換が施行された(図8)。何れの症例も術後経過は順調であり対麻痺を見ていない。

三腔解離は稀な発生とされているが、我々がこ

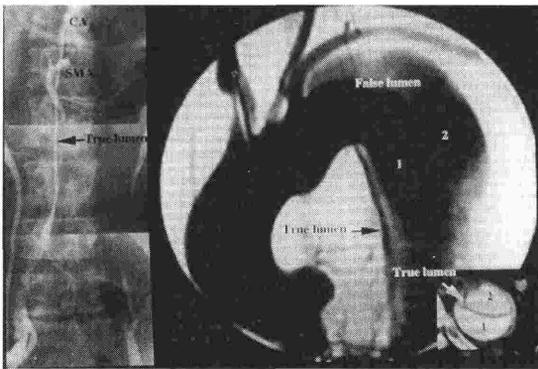


図5 症例1:術前DSAとCT:圧迫による狭小化真腔、瘤化した第1,2解離腔。大腿動脈真腔からの造影で腹腔動脈、上腸間膜動脈は真腔起始、両側腎動脈は造影されていない。解離腔起始。

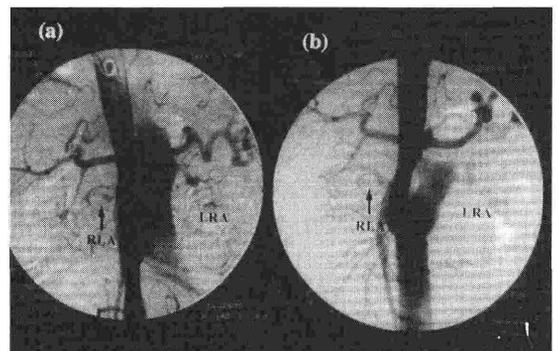


図6 開窓術前後DSA, (a) 遠位胸部下行大動脈造影剤注入、真腔の圧排狭小化、並存する第1,2解離腔。右腎動脈は左腎動脈に比し淡い。(b) 開窓術後、奇妙な形の第一解離腔、右腎動脈は左腎動脈と同程度に造影されている。

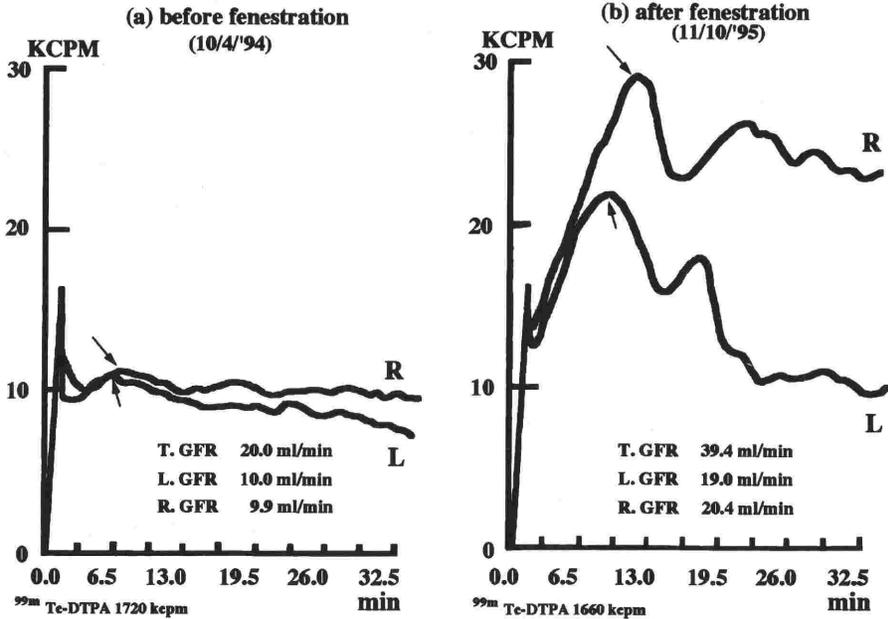


図7 Fenestration 前後の RI-renogram

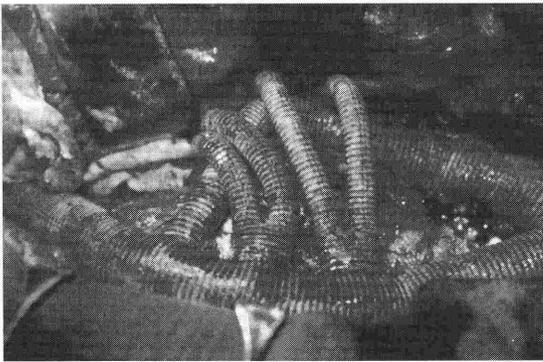


図8 胸腹部大動脈置換術後所見

の3年間に3例を経験しているように決して稀とは考えられない。症例1で経験した様に存在を疑わないものにとっては診断も決して容易ではない。常に本疾患の存在を頭の隅に置く必要がある。診断は病歴、CT所見によって可能であるが大動脈分枝の分岐様式が複雑な解離腔起始が多く、そして真腔が狭小の場合が多い。Mercedes-Benz sign¹⁴⁾を呈する三腔解離は稀な存在と考えて良い。また三腔解離は動脈瘤壁の性状から破裂の危険が極めて高いので常に手術を考慮して対処する必要がある。

る。基本術式は瘤切除+人工血管置換であるが、解離腔の血流を維持し体外循環を可能とするためにまず第1期手術として開窓術を行う。開窓術によって解離腔起始の障害された臓器灌流の大きい改善が期待出来、胸腹部大動脈全置換が第2期の根治手術として選ばれる。

文 献

- 1) Wheat MW Jr., Wilson JR, Partley TD : Successful replacement of the entire ascending aorta and aortic valve. JAMA 188 : 717-720, 1964
- 2) DeBakey ME, McCollum CH, Crawford ES, et al : Dissection and dissecting aneurysms of the aorta : Twenty-year follow up of five hundred twenty-seven patients treated surgically. Surgery 92 : 1118-1134, 1982
- 3) Bentall HH and DeBono A : A technique for complete replacement of the ascending aorta. Thorax 23 : 338-339, 1968
- 4) Cabrol C, Pavie A, Gandjbakhch I, et al : Complete replacement of the ascending aorta with reimplantation of the coronary arteries : new surgical approach. J Thorac Cardiovasc Surg 81 : 309-315, 1981
- 5) Piehler JM and Pluth JR : Replacement of the ascending aorta and aortic valve with a composite graft in patients with nondisplaced coronary ostia. Ann Thorac Surg 33 : 406-409, 1982
- 6) DeBakey ME, Crawford ES, Cooley DA, et al : Successful resection of the fusiform aneurysm of aortic arch with

- replacement by homograft. *Surg Gynec Obst* 105 : 657-664, 1957
- 7) Bloodwell RD, Hallman GL, Cooley DA : Total replacement of the aortic arch and the "Subclavian Steal" phenomenon. *Ann Thorac Surg* 5 : 236-245, 1968
 - 8) 桑原正知, 中島伸之, 安藤太三ら : 脳分離体外循環における脳灌流法の検討. *日胸外会誌* 38 : 466-471, 1988
 - 9) Kirklin JW, Barrat-Boyes BG : Hypothermia, circulatory arrest, and cardiopulmonary bypass in Cardiac Surgery, John Wiley & Sons 1986, pp29-82
 - 10) Haegerdal M, Harp JR, Nilsson L, et al : The effect of induced hypothermia upon oxygen consumption in the rat brain. *J Neurochem* 24 : 311-316, 1975
 - 11) DeBakey ME, Crawford ES, Garrett HE, et al : Surgical considerations in the treatment of aneurysms of the thoracoabdominal aorta. *Ann Surg* 162 : 650-662, 1965
 - 12) 大友英一 : 脊髄血管の解剖及び血行動態. *神経進歩* 18 : 443-462, 1974
 - 13) Jovanovic R, Papo I, Latkovic Z, et al : Marfan syndrome with aortic dissection and tripple barrel aorta. *Am J Cardiovasc Path* 4 : 19-24, 1992
 - 14) Shin MS, Zorn GL, Kasng-Jey HO : Computed tomography manifestation of a triple-barreled aortic dissection : The Mercedes-Benz mark sign. *J Comp Tomography* 12 : 140-143, 1982

Circulation Control and Surgery for the Thoraco-abdominal Aneurysm Repair

Takashi Yamada*

*Department of Cardiovascular and Thoracic Surgery, Dokkyo University Koshigaya Hospital, Saitama, Japan

For the treatment of annuloaortic ectasia with aortic regurgitation, the Bentall operation predominates. Certain problems remain unsolved with regard to the reconstruction of coronary artery, control of bleeding from the anastomotic suture line, reconstruction of low take-off coronary artery and fragile aortic intima. Interposition graft technique (Piehler-Pluth) affords tension-less operative field.

In the surgery of arch aneurysm, protection of brain during aortic clamping is crucial. Each branch receives approximately 5% of cardiac output. During separate cerebral perfusion, this amount of blood should be infused. Hypothermia reduces metabolic rate and hence could reduce the blood flow according to the body temperature. Approximately 10% of optimum cardiopulmonary bypass flow, i.e. 150 ml/min for BSA of 1.3 m² and 230 ml/min for 2.0 m², should be infused to each carotid artery.

Paraplegia is the most devastating complication of the thoracoabdominal aortic repair caused primarily by the

interruption of blood flow to the spinal cord. Flow to the spinal cord was maintained by the partial bypass during the anastomosis of graft to the distal arch and then by the intra-aneurysmal flow during the reconstruction of splanchnic arteries. Artery to the spinal cord (Adamkiewicz artery) was reconstructed in the level between L5 and T5. Spinal cord blood flow was thus maintained during the important surgical procedure. Interruption of flow to the spinal cord was limited only during its reconstruction. The 3-channelled aortic dissection is reported rare. However, 3 cases were operated upon in our hospital. Fenestration of dissected intima provides recovery of splanchnic flow and function of affected organs and made possible to place the patient on bypass. To prevent rupture of the aorta and to reanimate the hypoperfused visceral organs, repair of entire thoracoabdominal aorta and artery to the spinal cord enhances the chance of survival.

(Circ Cont 18 : 402~408, 1997)