

原著

胸部下行および胸腹部大動脈瘤手術時の麻酔管理

— 人工肺併用左心バイパスの有用性 —

内田桂子* 野村実* 長沢千奈美*
 芦刈英理* 吉田啓子* 近藤泉*
 白井希明* 藤田昌雄* 鈴木英弘*
 田鎖治** 青見茂之** 橋本明政**
 小柳 仁**

要 旨

胸部下行大動脈瘤手術時の低酸素血症に対する新しい補助手段として、熱交換器一体型小型膜型人工肺併用左心バイパス回路 (LHBM) を考案し、また、人工呼吸管理としてブロッカー付き気管内チューブによる右一側肺換気を行った。LHBMにより、動脈血液ガスは上昇し、右肺一側換気による麻酔管理を継続し、術野側の左肺から dependent lung への物理的圧迫による出血や分泌物が流れ込むのを防止することが可能であった。また、LHBMの熱交換器により低体温が予防でき、術後管理を容易にした。以上より、LHBMは従来の左心バイパスの欠点を補う新しい補助手段として、麻酔管理上簡便かつ有用であった。

はじめに

胸部大動脈瘤手術の下行大動脈遮断時に、左房脱血、大腿動脈送血による左心バイパスは現在汎用されている補助手段の一つである。

しかし、左心バイパス中は、一側肺換気や肺出血による低酸素血症、低体温およびそれに伴う不整脈、大量出血による低血圧などが起こり、特に胸腹部大動脈に対して広範囲に人工血管置換を行う症例では、その麻酔管理は困難を極めることが多い。そこで、今回著者らは、左心バイパス回路

に熱交換器付き膜型人工肺を併用した回路 (LHBM: left heart bypass with membranous oxygenator) を考案し、ブロッカー付き気管内チューブによる右肺一側換気による呼吸管理を継続し、良好な麻酔管理を行えたのでこれを報告する。

1. 方法

対象は、胸部下行大動脈瘤グラフト置換術予定患者6例で、解離性2例、真性4例で、男女比は3:3、年齢は、 53 ± 15 歳であった (Table 1)。手術室入室後、右橈骨動脈圧カテーテル、右内頸静脈より肺動脈カテーテルを留置した。麻酔導入はフェンタニール $10-30 \mu\text{g}/\text{kg}$ と、ジアゼパム $5-10 \text{mg}$ の静脈内投与で行い、バンクロニウム $0.15 \text{mg}/\text{kg}$ の静注のもとで、ブロッカー付き気管内チューブ (ユニベント®: 富士システムズ) を挿管し、ブロッカーは、左主気管支に留置した。麻酔導入後、右大腿動脈圧カテーテル、および右大腿静脈より中心静脈圧カテーテルを留置した。麻酔維持はイソフルラン $0.5-1.5\%$ で行ない、適宜フェンタニールを追加した。吸入気酸素濃度 ($F_{\text{I}O_2}$) は $0.6-0.7$ とし、換気の初期条件は、1回換気量を $10 \text{ml}/\text{kg}$ および呼吸回数を 10 回/分と設定し、 PaCO_2 が $30-40 \text{mmHg}$ になるように呼吸回数を調節した。右側臥位にて左開胸後、 $F_{\text{I}O_2}$ 、換気条件を両肺換気と同一のまま、ブロッカーにより右一側換気を開始した。ブロッカーの先端部は開放のままとした。ヘパリン 50 単位/ kg を投与し、activated coagulation time (ACT) を 250 秒前後として後、左房脱血、左大腿動脈送血による左心バ

*東京女子医科大学麻酔学教室

**同付属心臓血管研究所循環器外科

Table 1 Patients' Profile

	Disease	Age	Sex	Op. Time	Aneth. Time	Blood Loss (ml)	BTF (ml)
Case 1	DA (III b) Marfan	42	F	7h35m	9h15m	1400	3400
Case 2	TAA AAA	57	M	6h	8h	90	0
Case 3	DA (I) Post Graft.	44	M	9h50m	11h30m	1200	3000
Case 4	TAA	69	F	5h30m	6h35m	400	400
Case 5	TAA	70	M	5h5m	6h45m	800	800
Case 6	TAA	36	F	6h45m	8h10m	670	0

DA : Dissecting Aneurysm TAA : Thracoaortic Aneurysm
 AAA : Abdominal aortic Aneurysm

バイパスを開始した。ポンプは遠心ポンプ (Bio-pump[®], Biomedics, USA) を使用し、左心バイパス脱血側に吸引貯血用のリザーバーを入れ、急激な出血に対し吸引血を返血できるようにした。送血側には、熱交換器一体型膜型人工肺 (Menox AL4000 : クラレ) を組み込んだ。下行大動脈を遮断した後は、下肢の灌流圧が60-80 mmHgを保つようにポンプ流量を調節した。左心バイパス開始15分後より人工肺に3L/minで酸素を流し、15分毎に血液ガス分析を行った。左心バイパス中および終了後も右一側換気を継続し、術野の止血終了後にヘパリンをプロタミンで中和後、閉胸直前より両肺換気を行った。手術終了後は、挿管のまま集中治療室入室とした。

2. 結果

左心バイパス開始15分後の右橈骨動脈血の酸素分圧は 138 ± 43 mmHg (n = 6, Mean ± SD), PaCO₂は 33.8 ± 4.5 mmHgであった。人工肺使用後は全例で酸素分圧は上昇し、左心バイパス中の最大値は 189 ± 65 mmHg となり、その時点での PaCO₂は 26.1 ± 2.9 mmHg と、それぞれ有意な変化を示した。(Figure 1) 膀胱温は、手術開始時が $36.3 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (n = 6, Mean ± SD) で、左心バイパス終了時が $36.0 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 、手術終了時が $35.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ であった。

3. 考察

胸部下行または胸腹部大動脈瘤手術時の補助循環には、単純遮断法、左鎖骨下動脈と大腿動脈をバイパスする一時的バイパス法、大腿動静脈を使用する部分体外循環法、左心バイパス法^{1)~8)}などがある。1987年より、著者らの施設では、胸部下行大動脈遮断時の左室後負荷を減少させ、下半身特に腹部臓器の虚血を防ぐという利点から、左

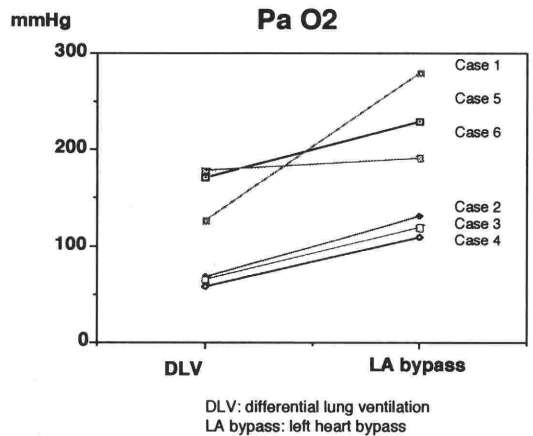


Figure 1 Change of PaO₂ after LA bypass

心バイパス法を採用してきた⁹⁾¹⁰⁾。しかし、片肺換気や肺出血による低酸素血症や、体外循環の延長および大量輸血によって生じる低体温による心室細動、ヘパリン使用による出血傾向等の合併症が問題となった。

本手術は、術視野の確保のために右側臥位で開胸し、左肺を虚脱させ、右一側換気を施行することが一般的であるが、従来の左心バイパス法では、しばしば低酸素血症を経験した。全身麻酔、陽圧換気下で、右側臥位にすると、左肺はより大きく膨らみ、一方、肺血流は重力により右肺に多く流れ、その結果、換気血流の不均等分布が生じる。この状態で左開胸し、左肺を虚脱させ右一側換気を行うと、血流の多い右肺でのみ換気が行われるため、1回換気量を適切に設定すれば右一側換気による酸素分圧の減少は予想されるよりは軽度である。しかし、術操作に伴う術側肺からの出血や分泌物が右肺に流れ込むと、右一側換気中の低酸

素血症の原因となる。このような術中の低酸素血症に対して、dependent lung に PEEP をかけたり、non-dependent lung に酸素を吹送したり、CPAP を採用するなど種々の方法が提唱されている。しかし、それにもかかわらず低酸素血症が許容範囲内に改善しない場合は、両肺換気を余儀なくされるが、これがかえって dependent lung への出血や分泌物の流れ込みを助長させ、さらには、完成されていた適切な換気血流分布を終了させることになり、ますます低酸素血症を増悪させる結果となるように考えられる。特に、本手術のようなヘパリン投与下での手術は、術側肺からの出血も当然多くなり、重篤な結果を招くことにもなりかねない。そこで、今回我々は、ブロッカーの先端を開放して、non-dependent lung からの出血を重力により自然排出せよ、健側肺に出血が流れ込まないようにし、術中の右一側換気を終始継続した。術野の止血終了後に、ヘパリンをプロタミンで拮抗し、気管支ファイバーを用い non-dependent lung からの出血、分泌物を十分に吸引してから両肺換気を再開することにより、dependent lung を保護した。しかし、このような操作によっても低酸素血症が生じる症例も存在するが、このような際には、我々の方法では、左心バイパス回路に組み込んだ人工肺により動脈血酸素分圧を高い値に維持しているため、右一側換気のみでの手術の継続が可能である。人工肺を併用するようになってから、術中に低酸素血症で麻酔管理に難渋した症例は現在のところ経験していない。動脈血酸素分圧は全例で上昇しているが、その原因の一つには、送血で酸素化された大腿動脈血がシャントして下大静脈血に流れることがある。しかし、その上昇度は、肺動脈や下大静脈の酸素分圧と比例せず、これだけでは説明が難しい。

現在、分離肺換気を行なう際に使用される挿管チューブには、主に Robertshow 型のダブルルーメンチューブ（ブロンコキャス[®]）とブロッカー付き気管内チューブ（ユニベント[®]）の2種類がある。著者らの施設でも以前はブロンコキャス[®]を使用していたが、側臥位であるために、非開胸側の主気管支が術側の気管支チューブの重みで閉塞したり、気管支チューブ先端に凝血塊が付着し換気不能になった症例を経験してからは、本手術ではブロッカー付きチューブを使用している。こ

のチューブは、ブロッカー先端部から non-dependent lung の出血を自然に排出させたり、内径が太いため術中のファイバー吸引が容易であったり、手術終了時のチューブの交換をする必要がなく、再挿管時のトラブルを防ぐことが可能であるなどの利点を持つ。

胸腹部大動脈瘤手術は、術野が大きく再建する血管も多いため、大量出血や長時間手術となることがあり、その結果、保温の努力にもかかわらず極度の低体温となり、突然心室細動を発症するなど、循環抑制をきたす症例がある。今回、人工肺の熱交換器の使用により、体温を適切に保つことが可能であった。左心バイパスを終了する時には、37℃まで膀胱温を上昇させてからポンプを止めるようにしている。このため、最近では、左心バイパス終了後に低体温で管理に難渋した症例はない。

本方法で用いた回路（LHBM）は、そのまま補助循環回路としても使用することも可能である。左房に癒着がある症例で、肺動脈および下大静脈脱血に急遽変更したり、大動脈遮断解除後に一時的に補助循環を行ない、十分な加温と心機能の回復後にポンプを離脱した症例を経験している。また、MLHBの人工肺 Menox AL4000は充填量が80mlと少ない利点を持つが、膜面積は0.8M²と小さいため、特に3L/min以上のポンプ流量が必要な場合には酸素化能に限界がある。しかし、本手術における左心バイパス法のように、バイパス流量を心拍出量の50%程度で行う補助循環での人工肺としては十分な酸素化能であると思われる。

最近では、ヘパリンコーティングされたチューブや、ヘパリンを共有結合させた人工肺などが開発され、血液をヘパリン化せずに体外循環を行えるようになってきている。しかし、実験的にヘパリン非投与下での体外循環は、従来言われている以上の凝固線溶系の活性化がみられたとの報告もあり¹¹⁾、臨床でも少量のヘパリンを投与しているのが現状である。著者らは、常温での体外循環ということもあり、ACTを頻回に測定し250秒程度を維持するようにヘパリン投与量を調節し、術野からの出血が凝固するのを防止している。そして、左心バイパス前後は、自己血回収装置（セルセーバー[®]、Haemonetics, USA）を、左心バイパス中は血液濃縮回路を使用し、術野の血液を体

循環に返血するようにしている。以上のような工夫を行うことにより、最終的には総失血量を減少でき、無輸血にて手術を終了できる症例も経験した。

今回、人工肺を使用したことによる問題点は、左心バイパス中の低炭酸血症であった。特に、高齢者や冠動脈疾患患者における低炭酸血症は、脳梗塞、冠動脈血流の減少や冠動脈スパズムの発生誘因となるため、今後は、左心バイパス中の換気回数を減少させるとか、人工肺への酸素流量を減少させるなどの工夫が必要であると考えられた。

また、胸部下行大動脈瘤手術における合併症には呼吸器合併症、脊髄対麻痺、脳梗塞などがあげられる^{12)~17)}が、特に頻度が高く問題となるのは、術後の呼吸器合併症である。特に、70歳以上の高齢者においては、呼吸器合併症の発生率が50%以上であるという報告もあり¹⁸⁾、また、手術成績も不良との報告もあり、大きな問題となっている。しかし、著者らの施設では、人工肺を併用するようになってから、術後の早期抜管が可能な症例が増加し、術後の呼吸器合併症の発生率は減少の方向にある。これは、人工肺を併用した麻酔管理で動脈血酸素分圧を上昇させ、右一側換気を継続することにより、健側肺を完全に保護できたこと、さらに術側肺も完全に虚脱させ外科的的刺激による物理的圧迫を軽度ですませたために、かえって傷害を受けないこと、また肺を途中で加圧しないことで手術時間が短縮できる、という3つの要因により、良好な結果が得られたと考えられた。

結 語

胸部下行および胸腹部大動脈瘤人工血管置換術の麻酔管理において、人工肺併用左心バイパスと、ブロッカー付き気管内チューブによる右一側肺換気の併用は、麻酔中の呼吸管理、体温管理を容易にし、さらに術後肺合併症の軽減に有効であった。

文 献

1) 大谷則史, 笹嶋唯博, 稲葉雅史ほか: 胸部大動脈瘤手術における左心バイパスおよび一時的体外バイパスの比較検討 人工臓器 21(2): 747-750, 1992

- 2) 舟波誠, 村田升, 成澤隆ほか: 胸部下行大動脈瘤手術における Biopump の有用性 人工臓器 21(2): 380-384, 1992
- 3) 首藤裕, 四方達郎, 東理佐子ほか: 胸部大動脈手術における遠心ポンプ体外バイパス法の検討—動脈間バイパスと左心バイパスの比較. 人工臓器 21(2): 372-375, 1992
- 4) 小野口勝久, 川田光三, 四津良平ほか: 胸部下行大動脈瘤手術における補助手段の検討 (シャントチューブと遠心ポンプ) 人工臓器 20(3): 711-714, 1991
- 5) 三浦誠, 内田直樹, 佐藤尚ほか: 弓部および下行大動脈遮断を要した大動脈瘤手術に対する補助手段の検討 人工臓器 20(3): 1263-1267, 1991
- 6) 末田泰二郎, 浜中喜晴, 林載鳳ほか: 胸部下行大動脈瘤手術における遠心ポンプの効用と限界 人工臓器 21(2): 376-379, 1992
- 7) 安藤太三, 中島伸之, 安達盛次ほか: 胸部大動脈手術における補助手段としての遠心ポンプの臨床成績 人工臓器 21(1): 130-135, 1992
- 8) Diehl J T, Payne D D, Rastegar H, et al : Arterial bypass of the descending thoracic aorta with biomedicus centrifugal pump. Ann Thorac Surg 44 : 422, 1987
- 9) 土田弘毅, 橋本明政, 小柳仁ほか: 全身へパリン化をしない左心バイパス (Bio-Pump) 使用による胸部下行大動脈グラフト置換術の臨床経験. 人工臓器 17(3) : 884, 1988
- 10) 青見茂之: 胸部下行および胸腹部大動脈瘤手術時の補助手段としての遠心ポンプを用いた左心バイパス—血行動態の制御性についての実験的検討. 人工臓器 21(8) : 1344, 1992
- 11) 村田升, 山本登, 村上厚文ほか: 遠心ポンプを用いた左心バイパスの実験的検討—胸部下行大動脈手術の補助手段への応用. 20(3) : 442-448, 1990
- 12) 安藤太三, 中島伸之, 高原善治ほか: 胸部大動脈瘤後早期合併症の検討. 日胸外会誌 30(9) : 1538-1544, 1982
- 13) 山下長司郎, 中村和夫, 岡田昌義ほか: 高齢者真性胸部大動脈瘤の手術成績と問題点 日外会誌 94(5) : 511-515, 1993
- 14) 山下長司郎, 向井友一郎, 戸部智ほか: 胸部下行大動脈瘤手術における脳脊髄合併症の経験と対策 臨床胸部外科 11(4) : 338-342, 1991
- 15) Katz N M, Blackstone E H, Kirklin J W, et al : Incremental risk factors for spinal cord injury following operation for acute traumatic aortic transection. J Thorac Cardiovasc Surg 81 : 669, 1981
- 16) 山陰道明, 七戸康夫, 西川幸喜ほか: 胸部大動脈瘤の予後に及ぼす術前因子の検討 麻酔と蘇生 27 : 117-120, 1991
- 17) 松津直彦, 若松弘也, 田村尚ほか: 胸部大動脈瘤手術の術中管理と合併症 循環制御 14(3) : 329-333, 1993
- 18) 安藤太三, 中島伸之, 上村重明ほか: 高齢者胸部手術の呼吸器合併症の予防と対策. —特に高齢者胸部大動脈瘤手術に対して— 日胸外会誌 33 : 690-692, 1985

A New Method with Membranous Oxygenator for the Graft Repair of Descending Aortic Aneurysms during Left Heart Bypass Surgery

Department of Anesthesiology*, Department of Cardiovascular Surgery,
Heart Institute of Japan**, Tokyo Women's Medical College,
Tokyo, Japan

Keiko Utida*, Minoru Nomura*, Tinami Nagasawa*,
Eri Ashikari*, Keiko Yoshida*, Izumi Kondo*,
Kimei Shirai*, Masao Fujita*, Hidehiro Suzuki*,
Osamu Tagusari**, Shigeyuki Aomi**, Akimasa Hashimoto**, Hitoshi Koyanagi**

During grafting to repair descending aortic aneurysms in left heart bypass surgery, we have encountered some cases that manifest hypoxia by differential lung ventilation and severe hypothermia. To handle such cases, we have devised a new system that consists of a membranous oxygenator to be used during surgery. The six patients are intubated with a univent tube^R with a bronchial blocker and after an open thoracotomy, the right lung kept ventilated until the termination of the left heart bypass surgery, and the arterial oxygen pressure (PaO₂) of each patient was well maintained during the operation. All patients had no respiratory complications after the operation.

This method has two benefits. First, the non-de-

pendent lung is able to be kept collapsed during the operation because of an increase in PaO₂ with the use of this membranous oxygenator, thereby protecting dependent lung from damage due to surgical compression and preventing bleeding and secretions from flowing into the dependent lung. Second, the body temperature of the patient can be maintained with a heat exchanger that is a part of the membranous oxygenator.

Based on our results, we have concluded that our new method of left heart bypass with a membranous oxygenator is convenient and useful for the management of patients undergoing to repair descending aortic aneurysms during left heart bypass surgery.

Key words : left heart bypass, membranous oxygenator, differential lung ventilation, descending aortic aneurysm