心拍動下冠状動脈バイパス術における 冠状動脈内シャントの有用性

曾 川 正 和 齊 藤 憲 名 村 理
大 関 一 諸 久 永 林 純 一

心拍動下冠状動脈バイパス術は吻合時の無血視野を得るために、冠状動脈の閉塞が必要となる。閉塞部遠位での心筋虚血を予防するために、冠状動脈内シャントチューブを用い、その有用性を正常ブタ心にて検討した。冠状動脈シャントチューブを用いたS群 ($n=3$) と用いないC群 ($n=4$) で検討したところ、S群では吻合直後に心電図上、1例にSTの上昇を認めたほかは、STの変化を認めなかった。また、酵素上は、CPK-MB、トロポニンTともにほぼ不変であった。手技上の点からシャントチューブは吻合の妨げにはならなかった。他方、C群では、1例を除き、吻合中に心室細動となり、電氣的除細動にても調律を回復し得なかった。以上の点から、冠状動脈内シャントチューブは有用と考えられた。日心外会誌 27 巻 4 号: 222-226 (1998)

Keywords: 冠状動脈バイパス術, 冠状動脈内シャント, 低侵襲心臓手術

Intra-coronary Shunt for Coronary Artery Revascularization in the Beating Heart

Masakazu Sogawa, Akira Saito, Osamu Namura, Hajime Ohzeki, Hisanaga Moro and Jun-ichi Hayashi (Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Niigata University School of Medicine, Niigata, Japan)

A minimally invasive approach to coronary artery revascularization without cardiopulmonary bypass has been performed recently and its feasibility and effectiveness have been proved. However, occlusion of the coronary artery during anastomosis in the beating heart is liable to cause myocardial ischemia or infarction. To prevent these and to perform minimally invasive coronary artery bypass on the beating heart safely, intra-coronary shunt was developed and applied in animal experiments. Materials and methods: The left internal mammary artery was harvested endoscopically and anastomosed to the left anterior descending coronary artery in the beating heart without cardiopulmonary bypass in seven pigs. Three of them utilized intra-coronary shunt tubes (group S) and the other did not (group C). Results: Use of an intra-coronary shunt tube facilitated non-blood exposure of the coronary artery during anastomosis. In group C, three pigs out of four had ventricular fibrillation during occlusion for the anastomosis. In group S the anastomosis was accomplished without change of ECG except one case and without any elevation of CPK-MB and Troponin T during and after the anastomosis. Conclusion: These results showed that an intra-coronary shunt can prevent myocardial ischemia and may be very useful especially to those who do not develop collateral branches from other coronary arteries. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 27: 222-226 (1998)

近年、Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Grafting (MICABG) が盛んに行われ始め¹⁾、心停止下冠状動脈バイパス術と遜色のない開存率と低侵襲性が実証され²⁾、日本でも幾つかの施設で臨床応用が始められた。心拍動下冠状動脈バイパス術は無血視野を得るために吻合予定部

の近位側および遠位側での冠状動脈の閉塞が必要である。心拍動下での冠状動脈の閉塞はその閉塞遠位部での心筋虚血が危惧される。そこでわれわれはMICABG手術中に吻合予定部から遠位部の心筋傷害を予防し、さらに無血視野を得るために冠状動脈内シャントチューブを用いることを考案した。今回は臨床応用に先立ち、側副血行路が発達していない正常ブタ心を用いてその有用性につき検討した。

1997年10月30日受付, 1998年3月9日採用

新潟大学医学部第2外科 〒951-8510 新潟市旭町通1番町757
本論文の要旨は第27回日本心臓血管外科学会学術総会 (1997年2月, 尼崎市) において発表した。

対象と方法

1. 麻酔

体重 20 kg から 40 kg のブタ 7 頭を用いた。ペントバルビタール 500 mg および硫酸アトロピン 1.0 mg を筋注し、1% ハロセンを吸入させ麻酔導入させた。仰臥位とし、内径 5 mm の気管内チューブを挿管して、ハーバード式人工呼吸器に接続した。ミオブロック 0.08 mg/kg を筋注し、さらに、0.5% から 1.0% のハロセンにて麻酔を維持した。

片肺換気が必要な場合は気管切開し、気管内視鏡を用いて内径 5 mm の気管チューブを片肺の気管支に挿入した。また、左内頸静脈・動脈にそれぞれ、点滴ラインと血圧モニターラインを挿入した。心電図モニターも行った。なお、本実験は「動物実験に関する指針」（日本動物実験学会）に基づき行った。

2. 冠状動脈内シャントチューブ

太さ 6 Fr（内径 1.2 mm）長さ 15 mm の塩化ビニル製チューブの中央に 6-0 タイクロン糸を固定した（図 1）。

3. 手術手技

右片肺換気下で、左第 4 肋間後腋窩線上でポートを開け、斜視 30° の内視鏡カメラを挿入し、左内胸動脈（IMA）を確認した。次に、内視鏡用鉗子および内視鏡用電気メスを挿入するため、計

3 か所のポートを開けた。IMA の剥離は電気メスにて行い、剥離の範囲は起始部より第 5 肋間までとした。側枝の処理は内視鏡用クリップを用いた。細い側枝は電気メスで凝固切断した。IMA の剥離終了後、左第 4 肋間で約 5 cm 切開し、小児用開胸器にて開胸し、心膜を切開した。左前下行枝（LAD）を確認し、LAD が切開創の中央にくるように心膜をつり上げた。ヘパリン静注（100 U/kg）の後、剥離した IMA をその遠位側で分離しブルドック鉗子をかけた。LAD の第 1 対角枝を分岐した直後を吻合予定部とし、その近位側、遠位側に 4-0 プローリンにて LAD にターニケットを架けた。両側のターニケットを締め、約 5 mm の動脈切開をし、冠動脈内シャントチューブを挿入した。LAD と IMA の吻合は 8-0 プローリンを用いて連続縫合にて行い³⁾、吻合終了間近になりシャントチューブの中央についている糸を引っ張りシャントチューブを抜去し、残りの数針の縫合を行った。これら冠動脈内シャントを行った群を S 群（ $n=3$ ）とし、行なわなかった群を C 群（ $n=4$ ）とした。

なお、本実験では心拍数を下げするための β -ブロッカーや吻合部を不動化するためのスタビライザー等は使用しなかった。

4. 測定項目

血行動態として平均血圧と心拍数を、心筋障害の指標として心電図、CPK-MB、トロポニン T

図 1 冠状動脈内シャントチューブ

をそれぞれ LAD 閉塞前、吻合直後、吻合後 30 分後で測定した。数値は平均値±標準偏差で表した。

結 果

シャントチューブを用いることにより十分な無

図 2 S 群における術前術後の心拍数と平均血圧の変化

—●— : heart rate, —■— : mean blood pressure.

図 3 S 群における CPK-MB

図 4 S 群におけるトロポニン T

血視野が得られた。内視鏡下での IMA の剥離は平均 40 分、心拍動下の吻合は平均 20 分を要した。C 群は 1 例を除き、吻合中に心室細動となり、電氣的除細動にても調律を回復し得なかった。S 群では心電図上、吻合直後に ST の上昇を 1 例に認めたが、その他は、ST の変化を認めなかった。S 群の術中の血行動態は安定しており、シャントチューブを用いたことによる血行動態の変化はなかった (図 2)。S 群の CPK-MB は不変 (図 3) で、トロポニン T は吻合後 30 分後で 0.18 ng/ml とやや上昇したが、正常範囲内であった (図 4)。

考 察

人工心肺装置が臨床応用される以前は、心拍動下で虚血性心疾患の手術が試みられていた。例えば、1957 年 Bailey らは心拍動下の冠状動脈内膜摘出術を報告している⁴⁾。1967 年 Kolesov が狭心症の治療として IMA を用いて冠状動脈へのバイパス術を報告しているが、そこでも人工心肺を用いなくとも CABG を施行し得たと記載している⁵⁾。しかし、1968 年以降、人工心肺装置と心筋保護法の進歩、普及により心停止下の CABG が一般化され、一部の外科医を除き、心拍動下での CABG はあまり行われなくなった⁶⁾。人工心肺を用いた CABG は、現在、安全かつ有効に行われている。しかし、このような進歩発展にも関わらず、以下の問題点が指摘されている。1. 脳神経学的合併症、2. 肺合併症、3. 不整脈の発生、4. 輸血の必要性、5. 補体、白血球の活性化と全身の炎症反応、6. 血液凝固学的な問題点、7. 心停止時の心筋保護、8. コスト面。これらの問題点を解決するために、白血球除去フィルターを用いる方法等人工心肺での改善を行っている研究報告も多い⁷⁾。他方、人工心肺を用いない心拍動下の CABG も、近年、見直されている。人工心肺を用いない CABG の成績は 1975 年 Trapp らが 63 例報告しているが⁸⁾、その中で、吻合部遠位部への動脈血灌流法が述べられている。大腿動脈から動脈血を導き、冠状動脈の切開部から遠位側にカテーテルを挿入し灌流を行っている。さらに、1996 年 Buffolo らは、1,274 例に人工心肺を用いずに

CABGを行い、人工心肺を用いた症例よりも、肺・神経学的合併症、術後不整脈の発生頻度が少ないと報告している⁹⁾。同年、Acuffらが、初めてCABGに内視鏡を応用したが¹⁾、これにより、低侵襲手術法という考え方がCABGにも導入されたと言える。これ以降、欧米を始め多くの施設で、人工心肺を用いない低侵襲な心拍動下のCABGが臨床応用されるようになった¹⁰⁻¹²⁾。

心拍動下CABGのアプローチとしてはSubramanianらの乳房下小切開法¹⁰⁾、第5肋間前方小開胸法¹¹⁾などさまざまな切開法が試みられている。いずれのアプローチにしてもLADに達し、吻合予定部の近位側、遠位側のLADを閉塞させ吻合時の無血視野を得る必要がある。この場合、LAD閉塞部より遠位側での心筋虚血およびそれによる心筋障害が問題となる。また、実際の臨床にてもLADを閉塞させると心電図上にSTの変化が生じることが多く、場合により、心室細動になることもある。Folliguetらの報告では心拍動下でのCABGを210例に行い7.1%に周術期心筋梗塞が生じた¹²⁾。LAD閉塞によるこれらの問題に対し、いくつかの予防法が考えられている。

Ischemic preconditioning法は虚血、再灌流を繰り返し虚血に耐性をつくることでありSubramanianらはLADを5分閉塞させ45分の再灌流を行った後吻合を行っている¹⁰⁾。Acuffらの報告ではニトログリセリン投与で虚血を予防している¹⁾。LAD閉塞による心筋虚血の程度は、冠状動脈の狭窄の程度、側副血行路の発達などに影響されて、特に完全閉塞の症例では術中にLADを閉塞しても心電図上の変化は少ない。他方、狭窄の程度が比較的軽く、側副血行路の発達が少ない場合は遠位部の灌流がLADに依存しており、LADの閉塞により心筋虚血は避けられないと考える。そこで、われわれは、吻合予定部遠位側の心筋虚血を予防し、かつ、無血視野を得るために、冠状動脈内シャントチューブをMICABGに応用することを考えた。今回のブタを用いた予備的実験でシャントチューブを用いないでMICABGを行ったC群は1例を除き全て術中に心室細動となった。他方、シャントチューブを用

いたS群では、3例いずれも心拍動下のCABGを完遂し得て、さらに、術中の血行動態も安定し、心電図上のST変化もほとんど認めなかった。また、心筋傷害の指標であるCPK-MB、トロポニンTは術中、術後いずれも正常範囲であり、シャントチューブが心筋傷害を予防し得ることが示された。このシャントチューブを用いても吻合時に手技的になんら障害とならずシャントチューブは有益かつ有用であった。

ただし、本実験では、正常心ブタを用いておりLADの狭窄もなく、さらにLADへの側副血行路も発達していないと考えられ、このような場合は有用であろうが、LADの狭窄が強く、他の冠状動脈からの側副血行路が発達しているような場合に、冠状動脈内シャントにより近位側からどれだけの血流があり、その血流量は遠位部灌流に十分であるか否か不明である。または、逆に、遠位部は側副血行路により灌流されればシャントで遠位部灌流をする必要がないとも考えられる。

今回のシャントチューブの材質は塩化ビニルでやや堅かったが、閉塞の恐れのない程度に軟らかな材質であることが取り扱い上も冠状動脈への損傷という点からも望ましく、今後さらにシャントチューブの改良が必要である。

冠状動脈内シャントチューブによる遠位部の灌流量については今回の実験では測定していなかったが、症例ごとにどれだけの流量が必要であるか、また、それをどの様に術中検知したらよいかといった点は不明であり、今後の研究が期待される。

結 語

1. 冠状動脈内シャントにより、十分な無血視野を得ることができ、心拍動下の冠状動脈バイパス術を完遂し得た。

2. 側副血行路が十分に発達していない場合も冠状動脈内シャントを用いることにより、心拍動下での吻合部以遠の心筋傷害を予防できることが示唆され、今後ますます盛んに行われるであろう低侵襲の心拍動下冠状動脈バイパス術に有用である。

3. 各症例ごとに冠状動脈内シャントが必要で

あるか否かの評価が必要で今後の課題である。

稿を終えるに当たり、技術的支援を頂いた樋口寿一技官に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Acuff, T. E., Landreneau, R. J., Griffith, B. P., Mack, M. J.: Minimally invasive coronary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.* **61**: 135-137, 1996.
- 2) Calafiore, A. M., Di Giammarco, G., Teodori, G. et al.: Left anterior descending coronary artery grafting via left anterior small thoracotomy without cardiopulmonary bypass. *Ann. Thorac. Surg.* **61**: 1658-1665, 1996.
- 3) Jones, E. L.: Coronary artery bypass grafting: Simplification and refinement of surgical technique. *Ann. Thorac. Surg.* **30**: 84-87, 1980.
- 4) Bailey, C. P., May, A., Lemmon, W. M.: Survival after coronary endarterectomy in man. *JAMA* **164**: 641-646, 1957.
- 5) Kolessov, V. I.: Mammary artery-coronary artery anastomosis as method of treatment for angina pectoris. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **54**: 535-544, 1967.
- 6) Green, G. E., Stertz, S. H., Reppert, E. H.: Coronary arterial bypass grafts. *Ann. Thorac. Surg.* **5**: 443-450, 1968.
- 7) Bando, K., Pillai, R., Cameron, D. E. et al.: Leukocyte depletion ameliorates free radical-mediated lung injury after cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **99**: 873-877, 1990.
- 8) Trapp, W. G. and Bisarya, R.: Placement of coronary artery bypass graft without pump oxygenator. *Ann. Thorac. Surg.* **19**: 1-9, 1975.
- 9) Buffolo, E., de Andrade, J. C. S., Branco, J. N. R. et al.: Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass. *Ann. Thorac. Surg.* **61**: 63-66, 1996.
- 10) Subramanian, V. A., Sani, G., Benetti, F. J. et al.: Minimally invasive coronary bypass surgery: A multi-center report of preliminary clinical experience. *Circulation* **92**: I-645, 1995.
- 11) Nataf, P., Lima, L., Benarim, S. et al.: Video-assisted coronary bypass surgery: clinical results. *Eur. J. Cardio-thorac. Surg.* **11**: 865-869, 1997.
- 12) Folliquet, T. A., Laborde, F., Temkine, J. et al.: Coronary artery revascularisation without extracorporeal circulation. Indications and results. *Eur. J. Cardio-thorac. Surg.* **11**: 870-875, 1997.