

経食道心エコーによる心拍動下冠動脈バイパス術中の心機能に関する評価

野々山 真 樹*, 島 倉 唯 行**

はじめに

開心術中の経食道心エコー(以下 TEE)は、心機能の評価のみならず、術中の脳梗塞の予防や予後の判定などに有用であることが既に多数報告されている^{1~3)}。しかし、心拍動下バイパス術(以下 off pump CABG)における術中の TEE 評価についての報告は少ない^{4,5)}。

一方、低侵襲といわれる off pump CABG については、スタビライザーによる圧迫、吻合中の末梢側の虚血など、その侵襲度が必ずしも少ないとは言いきれず、侵襲の程度についても一定の評価がなされていない。

今回、off pump CABG における術中の心機能と侵襲度について TEE による評価を行った。

対象と方法

対象は 1999 年 10 月より 2000 年 5 月までに当院にて施行した待機的 off pump CABG 症例 18 例で、年齢は 58~79 歳(平均 68.1±1.5 歳)、男女比は 13:5 であった。これらに対し、左前下行枝(以下 LAD)を吻合する際の、スタビライザー設置前後、並びに吻合開始後 7~10 分後の虚血時に、TEE (Hewlett Packard H1000)により乳頭筋レベルにおける拡張期左室内径(以下 LVDd)、収縮期左室内径(以下 LVDs)、左室後壁厚(以下 LVWTD)、左室拡張末期容積(以下 LVEDV)、左室収縮末期容積(LVESV)、左室駆出率(以下 LVEF)、収縮期左室壁ストレス(以下 PSS)、心拍出量(以下 CO)を計測した。PSS については Gardin ら⁶⁾の式を用いて以

下のように計算した。尚、収縮期血圧(以下 SBP)は直接動脈圧モニターより記録した。

$$PSS = \frac{0.334 \times SBP \times LVDd}{LVWTD \times \{1 + LVWTD/LVDs\}}$$

スタビライザーの種類(CTS 群, Oct 群)、冠動脈内留置式シャントチューブの有無(S 群, C 群)により群に分け比較検討した。

数値は平均値±標準誤差で示し、統計学的処理には t 検定および分散分析法を用いた。

尚、本研究の対象となった患者には、手術の説明に際し、手技、並びに方法について説明し承諾を得た。また、施設長の承認を得て研究を進めた。

手術方法

麻酔は、フェンタニルにより導入し、プロポフォール、あるいはイソフルランにより維持した。

手術は、胸骨正中切開(MST 群)、あるいは、胸骨左縁第 3 肋間~鎖骨正中線第 5 肋間までの 7~10cm の皮切と第 4 肋間開胸(LAST 群)により心臓を露出した。両側内胸動脈(以下 ITA)、右胃大網動脈(以下 RGEA)、大伏在静脈(以下 SV)を用いてバイパス術を施行した。スタビライザーは、CTS(Guidant, Cupertino, CA, USA)、あるいは Octopus2(Medtronic, Minneapolis, MN, USA)を用いたが、LAST 群の内 6 例に CTS を使い、他 2 例と MST 群 10 例には Octopus2 を用いた。尚、LAST 群内でのスタビライザーの種類は、創部の大きさにより決定した。

グラフトの吻合にはポリプロピレン糸を使用し、ダブルパラシュートテクニックを用いた。縫合糸は動脈グラフトには #8-0 Surgilene 糸(Sherwood Medical, St. Louis, MO, USA)、静脈グラフトには #7-0 Prolene 糸(Ethicon Inc. Somerville, NJ, USA)

***福山循環器病院心臓血管外科

*現、川崎社会保険病院心臓血管外科

を使用した。なお吻合部位の前後を弾性糸(エラストック A, 松田医科工業, 東京)にて遮断し, 最初の 5 例を除いた全例にシャントチューブ(冠動脈内シャントチューブ, DLP16215, or 16220, Medtronic, Minneapolis, MN, USA)を挿入した。

バイパス本数は, LAST 群は全例 1 本, MST 群は 1~3 本(平均 1.9 ± 0.2 本)で, LAD には左右どちらかの ITA を吻合した。

なお, 今回の症例では周術期に IABP を使用したり, 血行動態が悪化して on pump に切り替えたりした症例は 1 例も無かった。

結 果

術前診断は, 急性心筋梗塞(以下 AMI)単独 1 例, AMI+不安定狭心症(以下 uAP)1 例, 陳旧性心筋梗塞(以下 OMI)+AMI 1 例, uAP 単独 4 例, OMI 単独 4 例, OMI+uAP 2 例, 労作時狭心症(以下 eAP)単独 5 例であった。平均病変枝数は 2.2 ± 0.2

本で, 合併症として高血圧症 7 例, 糖尿病 9 例, 高脂血症 5 例, 脳梗塞の既往 7 例, 左主幹部病変 1 例, 末梢血管障害(腹部大動脈瘤を含む)2 例を認めた。

また, 今回 off pump CABG を選択した理由は, 脳梗塞の既往 7 例(38.9%), 悪性腫瘍(結腸癌)1 例(5.6%), 高齢(70 歳以上)2 例(11.1%), LAD1 枝のみ 3 例(16.7%)で, その他は本人の希望であった。

A. スタビライザーの種類による比較

スタビライザー設置前の TEE による計測値には CTS 群と Oct 群の間で 4 項目に有意差を認めた(表 1)。設置前後の数値は, それぞれの群内で有意差は認めなかった。そのため, 分散分析にて検討したが, いずれの値も CTS 群, Oct 群間で有意差はなく, スタビライザーの種類では差が無いと判断された。

B. シャントチューブの有無による比較

A. と同様にスタビライザー設置後の値を両群間で比較したところ有意差は認められなかった(表 2)

表 1 Left ventricular dimensions and function before and after placement of stabilizer

| Situation | CTS | | Octopus2 | |
|-----------|------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|
| | Baseline | Stabilizer on ^a | Baseline | Stabilizer on ^a |
| LVDd | 50.7 ± 3.4 | 49.3 ± 4.0 | 40.0 ± 2.1^b | 40.2 ± 2.2 |
| LVDs | 35.5 ± 4.0 | 32.5 ± 4.3 | 26.6 ± 2.2 | 26.9 ± 2.1 |
| LVEDV | 125.9 ± 18.6 | 119.7 ± 21.6 | 72.8 ± 8.2 | 74.5 ± 10.1 |
| LVESV | 57.8 ± 13.9 | 48.4 ± 15.4 | 29.7 ± 5.5^b | 29.9 ± 6.7 |
| LVEF | 57.5 ± 6.1 | 62.4 ± 7.1 | 61.7 ± 5.0 | 61.3 ± 3.9 |
| BP | 118.0 ± 24.4 | 105.7 ± 17.5 | 112.8 ± 29.7 | 111.7 ± 23.9 |
| PSS | 181.9 ± 7.4 | 160.3 ± 21.5 | 127.7 ± 15.2^b | 128.3 ± 15.8 |
| CO | 5.42 ± 0.63 | 5.12 ± 0.82 | 3.21 ± 0.50^b | 3.26 ± 0.46 |

a: Not significant vs. baseline. b: $p < 0.05$ vs. CTS group.

CO: Cardiac Output (L/min), LVDd: Left Ventricle Diameter in diastole (mm), LVDs: Left Ventricle Diameter in systole (mm), LVEDV: Left Ventricle End Diastolic Volume (ml), LVEF: Left Ventricle Ejection Fraction (%), LVESV: Left Ventricle End Systolic Volume (ml), PSS: Peak Systolic meridional wall Stress { (dynes/cm²) $\times 10^3$ }

表 2 Left ventricular dimensions and function during bypass grafting to the left anterior descending artery

| Shunt tube | No | | Yes | |
|------------|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Before Ischemia | During Ischemia ^a | Before Ischemia ^b | During Ischemia ^a |
| LVDd | 39.7 ± 2.0 | 36.7 ± 3.9 | 44.6 ± 2.8 | 45.8 ± 3.4 |
| LVDs | 24.5 ± 2.8 | 24.0 ± 2.9 | 30.4 ± 2.5 | 32.2 ± 3.1 |
| LVEDV | 70.1 ± 8.5 | 61.0 ± 32.8 | 97.1 ± 14.2 | 106.1 ± 17.5 |
| LVESV | 23.4 ± 7.2 | 22.6 ± 7.5 | 40.9 ± 8.8 | 49.0 ± 10.7 |
| LVEF | 67.2 ± 7.0 | 62.4 ± 5.3 | 59.5 ± 3.9 | 56.6 ± 4.3 |
| BP | 109.6 ± 16.7 | 103.4 ± 13.8 | 111.4 ± 22.4 | 111.5 ± 20.7 |
| PSS | 102.7 ± 17.8 | 70.9 ± 9.1 | 153.0 ± 15.1 | 158.4 ± 16.2 |
| CO | 2.87 ± 0.42 | 2.26 ± 0.52 | 4.27 ± 0.58 | 4.10 ± 0.52 |

a: Not significant vs. baseline. b: Not significant vs. no shunt tube.

が、PSSについてはシャントチューブを使用しなかったC群で低い傾向($p=0.085$)にあった。分散分析を検討したところ有意差は無かったが、LVEDV($p=0.0998$)、PSS($p=0.0719$)で低下傾向を示し、シャントチューブを使用したS群ではPSSが変化しなかったのに対し、使用しなかったC群では低い傾向がみられた。

考 察

スタビライザー使用により、off pump CABGの成績が安定し、特に回旋枝領域に対する手術もOctopusスタビライザーにより可能となったとの報告は多い⁷⁻¹⁰。しかしながら、スタビライザーそのものによる侵襲についてはほとんどコメントされていない。CTSをMID-CABGに使用した場合の左室内径の変化についてJurmanna⁴が報告しているが、apical-septal plane, septal-lateral planeともLVDD, LVDsがスタビライザーの設置後有意に低下したと述べている程度である。

スタビライザーは数社から販売され市場に出回っているが、今回使用したスタビライザーは比較的シェアの高い製品と思われる。この2種類の最大の相違点はCTSが圧迫により術野の固定を図るのに対し、Octopus2は吸引により術野を確保している点である。

理論的には、CTS等の圧迫式では、LADに吻合する際心室中隔並びに両心室自由壁を圧迫することになり、心室の拡張障害が起きると思われる。拡張障害により血圧が低下すれば、心機能の低い症例や、頸部の動脈に狭窄を有するような症例では問題となることが予想される。

我々の計測値では、スタビライザーの種類で分けた場合、設置前値のうちLVEDV, LVESV, PSSに有意差があるが、これはCTS群にLAST法が多いこと、したがって、病変枝数が少ないことが影響していると考えられるが、LVEFに差は無く、むしろ、手術方法の差により心臓の固定される状態が異なることや、麻酔、特に循環血液量の管理が影響しているものと思われる。

しかしながら設置前後の値を比較した場合、CTS群ではLVDD並びにLVDsがわずかながら低下しているのに対し、Oct群ではむしろ増加していた。有意差は無いものの吸引式の効果が現われ

ていることが示唆された。また、CTS群ではLVDD, LVDsが減ったためにLVEDVおよびLVESVも減少したのに、LVEFはやや上昇し、COの低下は僅かであった。したがって、CTSを使用した場合でも、収縮期血圧の低下が許容範囲内であれば、特に問題はないと言えるであろう。

一方、Oct群では、いずれの値も問題は無く、むしろCOは僅かに上昇していたが、循環血液量の管理などの要因も有り、一概にOctopusスタビライザーが優れているとは言い切れない。Jurmanna⁴らの報告もLAST法におけるCTSの使用にて左室内径の減少があるものの、血行動態に影響は無かったとしており、我々の経験でも、表1、2に示した如く、設置前後の値には両群とも有意差は無く、少なくとも問題点は認められなかった。ただし現在ではOctopusも改良が加えられ、その後追従した他社の製品もほぼ吸引式が主流となっている。

Off pump CABGに用いられるシャントチューブには、1)冠動脈内に挿入するもの(intraluminal shunt)、2)グラフトと冠動脈をシャントするもの(internal shunt)、3)大動脈、あるいは大腿動脈から冠動脈へシャントするもの(external shunt)の3種類があるが、我々の使用したシャントチューブは1)のタイプで、血行動態の安定とともに、冠動脈の内径を確保することにより吻合しやすいという利点がある¹¹。1.25mm径が最小であるが、屈曲が強い部位には挿入困難な場合も少なくなく、冠動脈切開直後に使用したゾンデのサイズとは必ずしも相関はしていない印象であり、内膜の損傷の危険性もある。また、流量については計測できないため実際にどれくらいの流量が得られているかについては不明である。しかし、チューブを使用していないC群において、左室容量の低下とともに、有意差は無いもののPSSの低下が認められた。このPSSの低下は、LVDDと血圧のわずかな低下が相俟って起きたものと考えられた。このことよりintraluminalタイプのシャントチューブでも有用であることが示唆される。

術中に血行動態が変化するのは、主に(狭窄の緩い)右冠動脈の吻合時¹²で、STの変化は多いものの周術期の心筋梗塞は少ないとの報告が多い¹³。我々の経験でも、今回のシリーズ以外の症例で右

冠動脈の吻合中に発生した心室細動を2例認めた。しかし、LAD吻合中にも1例経験しており、吻合部末梢側の局所的な虚血の発生については冠動脈の状態以外にも様々な要因が関係している¹²⁾ことも併せて考慮すれば、シャントチューブは後から挿入するのではなく、むしろ始めから挿入したほうが安全である。外科医にとっても焦らずゆっくり吻合できるメリットは大きい。

更に、TEEにより左室の動きを観察しつつ吻合を行うことは、より安全性の高い手術を目指す上で重要であると思われる。

今回の検討では、LAST法とMST法の両方法が混在している点が問題点として残る。両方法に対し、ランダムにCTSとOptを使用した結果、設置前後値に差がないことを前提に、シャントチューブの負荷を計測したが、今後症例数を重ねて更に検討する余地があると考ええる。

結 語

Off pump CABGにおいてTEEにより術中の心機能と侵襲度について検討した。スタビライザーについては、CTSとOctopus2で有意差は無かった。シャントチューブについては、使用しなかった群でPSSが低下傾向を示しており、有用であることが示唆された。

文 献

- 1) Mishra M, Chauhan R, Sharma KK, et al: Real-time intraoperative transesophageal echocardiography—how useful? Experience of 5,016 cases. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12: 625-32.
- 2) Roysse CF, Barrington MJ, Roysse AG: Transesophageal echocardiography values for left ventricular end-diastolic area and pulmonary vein and mitral inflow Doppler velocities in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2000; 14: 130-2.

- 3) Trehan N, Mishra M, Dhole S, et al: Significantly reduced incidence of stroke during coronary artery bypass grafting using transesophageal echocardiography. *Eur J Cardiothorac Surg* 1997; 11: 234-42.
- 4) Jurmann MJ, Menon AK, Haeberle L, et al: Left ventricular geometry and cardiac function during minimally invasive coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 1082-6.
- 5) Heres EK, Marquez J, Malkowski MJ, et al: Minimally invasive direct coronary artery bypass: anesthetic, monitoring, and pain control considerations. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12: 385-9.
- 6) Gardin JM, Matin K, White D, et al: Effect of aging on peak systolic left ventricular wall stress in normal subjects. *Am J Cardiol* 1989; 63: 998-9.
- 7) Calafiore AM, Vitolla G, Mazzei V, et al: The LAST operation: techniques and results before and after the stabilization era. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 998-1001.
- 8) Baumgartner FJ, Gheissari A, Capouya ER, et al: Technical aspects of total revascularization in off-pump coronary bypass via sternotomy approach. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1653-8.
- 9) Cartier R, Blain R: Off-pump revascularization of the circumflex artery: technical aspect and short-term results. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 94-9.
- 10) Kappert U, Gulielmos V, Knaut M, et al: The application of the Octopus stabilizing system for the treatment of high risk patients with coronary artery disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 16 (Suppl. 2): S7-9.
- 11) Rivetti LA, Gandra SM: An intraluminal shunt for off-pump coronary artery bypass grafting. Report of 501 consecutive cases and review of the technique. *Heart Surg Forum* 1998; 1: 30-6.
- 12) van Aarnhem EE, Nierich AP, Jansen EW: When and how to shunt the coronary circulation in off-pump coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 16 (Suppl. 2): S2-6.
- 13) Malkowski MJ, Kramer CM, Parvizi ST, et al: Transient ischemia does not limit subsequent ischemic regional dysfunction in humans: a transesophageal echocardiographic study during minimally invasive coronary artery bypass surgery. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 1035-9.

Assessment of Cardiac Function Using Transesophageal Echocardiography in Patients Undergoing Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting

Masaki Nonoyama, Tadayuki Shimakura

Fukuyama Cardiovascular Hospital, Department of Cardiovascular Surgery, Hiroshima, Japan

Transesophageal echocardiography (TEE) was used for 18 patients undergoing the internal thoracic artery to the left anterior descending artery bypass grafting on beating heart between October 1999 and May 2000. Patients were aged from 58 to 79, averaged 68.1 years old. Gender was 13 in male. There were no significant differences in the effects of placement of two types of stabilizer, CTS and Octopus2, on left ventricular internal diameter in diastole and systole, end diastolic volume,

end systolic volume, ejection fraction, and cardiac output. However, peak systolic meridional wall stress (PSS) tended to reduce in patients without an intraluminal shunt tube as compared with those with the tube. Therefore, intraluminal shunt tube seems to be effective to avoid regional ischemic stress. TEE would be a useful monitor of the left ventricular performance during the off pump CABG.

Key word : transesophageal echocardiography, off pump coronary artery bypass grafting, stabilizer, shunt tube, cardiac function

(Circ Cont 2004; 25: 176-80.)