

## 低左心機能症例に対する OPCAB

田鎖 治, 小林順二郎, 中嶋 博之, 北村惣一郎

Tagusari O, Kobayashi J, Nakajima H, Kitamura S: **Off-pump coronary artery bypass surgery for patients with ischemic left ventricular dysfunction.** J Jpn Coron Assoc 2006; 12: 166-170

### I. 背景

虚血性心疾患により低左心機能となった症例に対する薬剤のみによる治療成績は不良で, stunning(気絶心筋)や hibernation(冬眠心筋)で死滅はしていないが収縮力を失っている生存心筋が存在する場合には血行再建のためカテーテル治療か冠動脈バイパス術が必要となる。とくに冠動脈病変が多枝にわたる症例や瀰漫性病変を有する症例は, 完全血行再建を目的として冠動脈バイパス術が行われる<sup>1,2)</sup>。しかしながら低左心機能に心拡大や僧帽弁閉鎖不全を合併している症例は, これらが予後に大きく関わるため, 重要な問題となる。

### II. 低左心機能症例の問題点

心筋梗塞が広範囲に及ぶと梗塞部の expansion と非梗塞部の遠心性肥大からなる左室の再構築(remodeling)をおこし, 心拡大を来す<sup>3)</sup>。左室 remodeling が強い症例ほど死亡率, 心不全発症率, 不整脈の頻度が増加することが報告されており<sup>4)</sup>, 外科的に左室を縮小して, 左室壁応力を低下させることで高負荷を減少させて血行動態を改善させる手術が行われている。Dor らは進行する左室の再構築を手術適応とし, 左室駆出率(LVEF)が30%以下になる前に手術することを奨めている。Menicanti ら<sup>5)</sup>は, 症状と虚血の存在に加えて, 左室周囲径の35%以上に akinesis あるいは dyskinesis があり, 左室拡張末期容積指数が 100 ml/m<sup>2</sup> 以上を適応としている。また Mickleborough ら<sup>6)</sup>は, 左室の縮小手術を行うか否かは, 磁気共鳴画像による左室壁の菲薄化評価によって行い, 単に hibernation による収縮力の低下は冠動脈バイパス術(CABG)で回復可能であるとしている。

低左心機能に伴うもう一つの問題は虚血性僧帽弁逆流(IMR)である。IMR の機序は, 従来からいわれていた虚血による乳頭筋機能不全<sup>7,8)</sup>は実際の IMR 症例において僧帽弁の逸脱がほとんどみられない<sup>9-11)</sup> ことや, 動物実験で

乳頭筋機能不全モデルを作成しても僧帽弁閉鎖不全症(MR)が出現しない<sup>12)</sup> ことから, 最近の知見では左室拡大による弁輪拡大に加えて, 左室形態の変化に伴い外側に偏位した乳頭筋が僧帽弁尖を強く牽引して弁尖の可動性を低下させ, その閉鎖を妨げることである(tethering)と考えられている<sup>13)</sup>。したがって, 低左心機能の症例でも心拡大を伴わない症例に IMR を合併することはまれである。ただし下壁梗塞例では僧帽弁周囲組織の局所的な remodeling が高度に出現することがあり, これが tethering の原因となって MR を認めることがある<sup>14)</sup>。

この逆流に対しての外科的な治療法としては, 1) CABG で remodeling の改善を期待する, 2) CABG と同時に弁形成手術や人工弁置換手術を行う, である。しかし, 現在のところ CABG のみで MR が改善する症例を予測することが困難なため, 逆流が II 度以上の症例には弁形成手術や人工弁置換手術との同時手術が推奨される<sup>15)</sup>。しかしながら, MR を合併した患者に対する CABG との同時手術の早期成績は, 従来報告でも早期死亡が CABG 単独手術の5倍高いとされており<sup>16)</sup>, また, Cleveland Clinic の遠隔成績でも, 1年生存率82%, 5年生存率58%と, 単独 CABG 後の成績に比して不良<sup>17)</sup>であり, さらに心虚血時間の影響を心配しなくてよい off-pump CABG(OPCAB)の普及を考えると, 低左心機能に加え, 高齢や腎不全等, よりリスクを抱えた症例に関しては OPCAB による血行再建のみで対処されることが多いと思われる。

### III. 低左心機能症例に対する OPCAB

低左心機能(LVEF 30%以下)に対する CABG の成績は, 人工心肺を用いたものは1980年代に急性期死亡率が30%を超える報告<sup>18)</sup>もみられたが, 90年代後半から2000年になると5%から11%と著明に改善している<sup>19-22)</sup>。しかし, 術後の合併症には低心拍出量症候群(LOS)が多く認められ, これが急性期死亡の大きな原因の一つになっている。LOS の原因の一つとしては, 体外循環と心停止による心筋虚血の影響であるが, OPCAB はこれらの問題を解決する打開策として期待される方法である。

これまでに低左心機能症例に対する CABG と OPCAB の

国立循環器病センター心臓血管外科(〒565-8565 吹田市藤白台5-7-1)

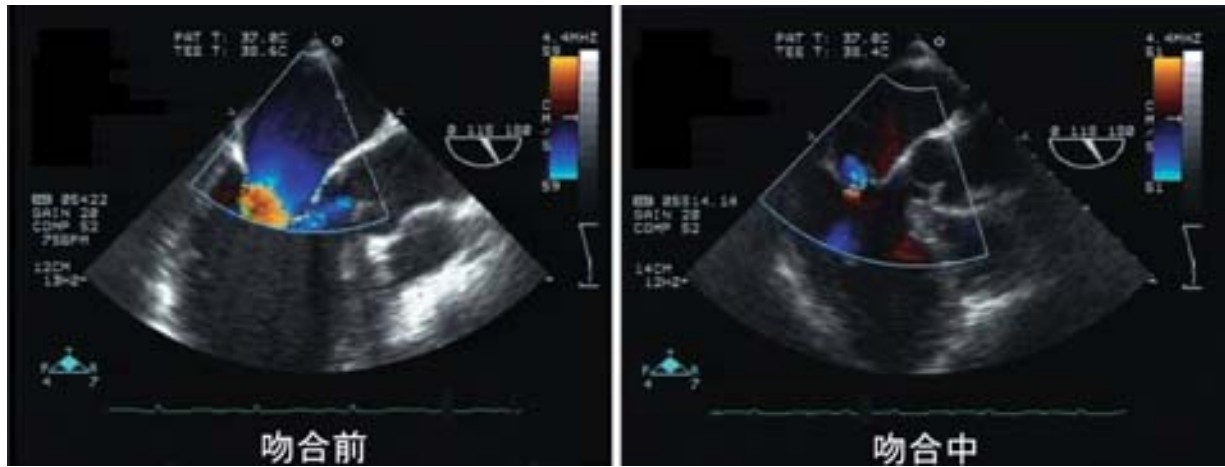


図1 経食道エコーで認められた鈍緑枝吻合時の僧房弁閉鎖不全  
左：心臓脱転前，右：心臓脱転後。

無作為抽出前向き試験の報告はない<sup>23-41)</sup>が、PuskasらのCABGとOPCABのメタアナリシス<sup>41)</sup>では、エビデンスレベルBで3223例の低左心機能症例の検討で、従来型冠動脈バイパス術(CCAB)の30日死亡率6.9%に対し、OPCABが3.8%と有意にmortalityを減少させている<sup>23-31)</sup>としている。また、morbidityとして脳卒中、心筋梗塞、心房細動、輸血、腎不全、カテコラミン投与、大動脈バルーンポンピング(IABP)、出血再開胸、縦隔感染および創部感染、呼吸器合併症を検討しているが、低左心機能症例に関しては輸血<sup>23-27)</sup>、腎不全<sup>23,30,32)</sup>、カテコラミン投与<sup>26)</sup>が、やはりエビデンスレベルBで有意差ありとしている。

術式に関してこれらの文献を検査すると、とくに通常の症例と異なったことを行っていると思われる記載はない。術野の展開に関してはdeep pericardial traction stitchを使い、標的血管のstabilizeには多くの場合Octopus tissue stabilizer(Medtronic Inc., Minneapolis, MN)が使用されていることが多かった。またStarfish等、heart positionerの使用を明記している報告は1施設のみであった<sup>39)</sup>。

吻合時の虚血対策としてpreconditioningをルーチンに行っている報告はなく、一般にintracoronary shuntが使用されていた<sup>23,26,30-33,36,37,39,40)</sup>。血行再建の順番に関しては、記載のない施設を除けば全て左前下行枝が最初で、視野を展開する際に血行動態への影響が最も少ないことをその理由としていた。また後下壁の吻合のために、右開胸<sup>23,27,31-33)</sup>とし、体位をTrendelenburg position<sup>23,33,35-37,39,40)</sup>、right decubitusとして血行動態を維持、視野を確保していた。

平均のバイパス枝数は1.5箇所から3.5箇所、平均が3箇所以上に達している報告は少数であった。低左心機能症例の多くの症例が多枝病変によることを考慮すると完全血行再建率が気になるところであるが、Jasinskiら<sup>40)</sup>はLVEF 35%以下の90症例中19例が回旋枝病変を有し、そのうち6例はungraftableで、6例にバイパスを施行し、3例はバイパスを放棄したとしている。術後、バイパス未施

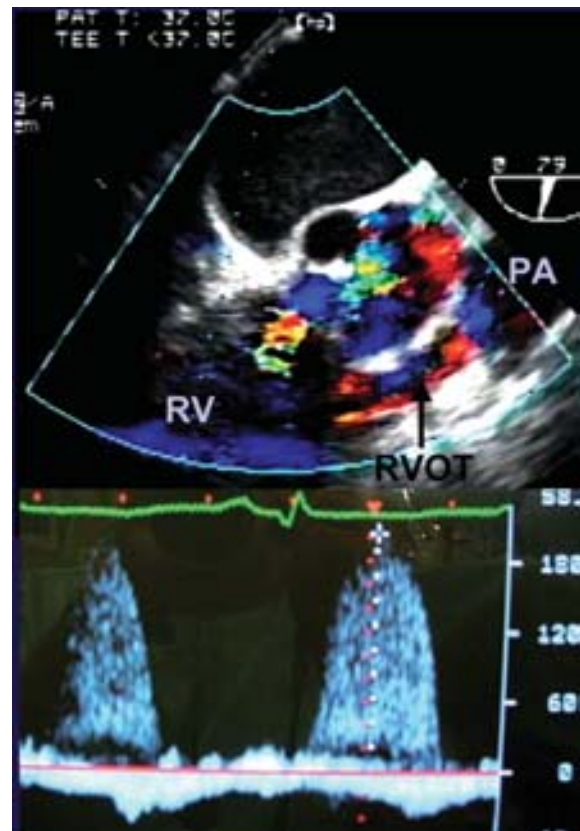


図2 経食道エコーで認められた後下行枝吻合時の右室流出路狭窄

行の4例に対しては経皮的冠動脈インターベンション(PCI)を行っており、OPCABとPCIのハイブリッド治療の可能性を示唆している。

またKim<sup>37)</sup>、Craver<sup>38)</sup>、Mishra<sup>39)</sup>らは低左心機能の症例に、術前から予防的にIABPを挿入して術中の血行動態の安定を図ることの有用性を述べている。実際、低左心機能症例のOPCABで問題となるのは後下壁領域の吻合であ



図3 Deep pericardial traction stitch による展開  
Working space が狭く、場合によっては bypass graft が stitch により閉塞する (矢印)。

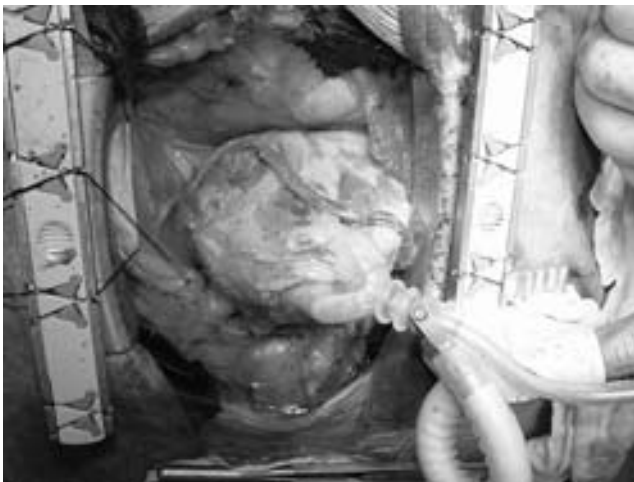


図4 Heart positioner (Starfish) による展開  
十分な working space が無理なく作れる。

る。低左心機能症例のうち心拡大のない症例は先に述べた理由で僧房弁逆流を合併することもまれなため、術中に血行動態が問題となることは少ないが、心拡大を合併した症例は僧房弁逆流も合併しており、後下壁領域の吻合のために心臓を脱転すると、僧房弁の逆流が悪化したり(図1)、右室流出路に狭窄(図2)を来したりすることで、血行動態が急激に悪化することがある。Starfish に代表される heart positioner の使用は、拡大した心臓の重心の下方移動をある程度軽減するため、血行動態の安定化に寄与するとともに、working space を作ることに有用と思われる(図3, 4)。

いずれにしても、術中に血行動態が悪化した場合は吻合を放棄するか、人工心肺に移行して吻合を完了するかの選択を迫られることになる。また、心拡大が著明な症例は血行動態の悪化を避けるために吻合部位を予定より末梢側に変更せざるを得ない場合にもしばしば遭遇する。術者とし

ては、これらの状況に対し、吻合を放棄しても術後PCIが可能な血管か否か、吻合を完遂した場合、人工心肺使用で患者のリスクがどれだけ増加するかをあらかじめ想定しておき、迷うことなく決断を下せなければならない。また、忘れてならないのはGoldstein<sup>30)</sup>も述べているように、これらの決断には患者の状態を的確に判断できる経験豊かな麻酔科医の存在が欠かせないことである。全幅の信頼をおける麻酔科医なしには、低左心機能症例に対してのOPCABは避けるべきであると思われる。

術後の問題としてグラフト開存率に関して検討されている文献はほとんどなく<sup>42)</sup>、また遠隔成績に関してはAscioneら<sup>26)</sup>が有意差はないものの3年生存率をCCAB 87%、OPCAB 73%と報告しているが、そもそも30日死亡率の段階でCCAB 97%、OPCAB 92%と、先に述べたPuskasらのメタアナリシスの成績との間に乖離があるため、他からの報告を待つ必要性があると思われる。

## VI. 結 語

現時点においてOPCABが低左心機能症例のmortality, morbidityの減少に寄与したことに關しては異論はないと思われる。しかし、その低侵襲性と今後CCABと比較されるであろう遠隔期開存性が遠隔成績にどのような影響をもたらすかは今後の経過を待たねばならないと考える。

## 文 献

- 1) Shivalkar B, Maes A, Borgers M, Ausma J, Scheys I, Nuyts J, Mortelmans L, Flameng W: Only hibernating myocardium invariably shows early recovery after coronary revascularization. *Circulation* 1996; **94**: 308-315
- 2) Vanoverschelde JL, Depre C, Gerber BL, Borgers M, Wijns W, Robert A, Dion R, Melin JA: Time course of functional recovery after coronary artery bypass graft surgery in patients with chronic left ventricular ischemic dysfunction. *Am J Cardiol* 2000; **85**: 1432-1439
- 3) Pfeffer MA, Braunwald E: Ventricular remodeling after myocardial infarction: experimental observations and clinical implications. *Circulation* 1990; **81**: 1161-1172
- 4) De Carlo M, Milano A, Borzoni G, Pratali S, Barzaghi C, Tartarini G, Mariani M, Bortolotti U: Predicting outcome after myocardial revascularization in patients with left ventricular dysfunction. *Cardiovasc Surg* 1998; **6**: 58-66
- 5) Menicanti L, Di Donato M: The Dor procedure: what has changed after fifteen years of clinical practice? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; **124**: 886-890
- 6) Mickleborough LL, Carson S, Ivanov J: Repair of dyskinetic or akinetic left ventricular aneurysm: results obtained with a modified linear closure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; **121**: 675-682
- 7) Burch GE, De Pasquale NP, Phillips JH: Clinical manifestations of papillary muscle dysfunction: its clinical recognition. *Arch Intern Med* 1963; **112**: 112-117
- 8) Phillips JH, Burch GE, Depasquale NP: The syndrome of papillary muscle dysfunction. *Ann Intern Med* 1963; **59**:

- 508–520
- 9) Ogawa S, Hubbard FE, Mardelli TJ, Dreifus LS: Cross-sectional echocardiographic spectrum of papillary muscle dysfunction. *Am Heart J* 1979; **97**: 312–321
  - 10) Godley RW, Wann LS, Rogers EW, Feigenbaum H, Weyman AE: Incomplete mitral leaflet closure in patients with papillary muscle dysfunction. *Circulation* 1981; **63**: 565–571
  - 11) Izumi S, Miyatake K, Beppu S, Park YD, Nagata S, Kinoshita N, Sakakibara H, Nimura Y: Mechanism of mitral regurgitation in patients with myocardial infarction: a study using real-time two-dimensional Doppler flow imaging and echocardiography. *Circulation* 1987; **76**: 777–785
  - 12) Matsuzaki M, Yonezawa F, Toma Y, Miura T, Katayama K, Fujii T, Kohtoku N, Otani N, Ono S, Tateno S, et al: Experimental mitral regurgitation in ischemia-induced papillary muscle dysfunction. *J Cardiol* 1988; Suppl. **18**: 121–126, discussion 127
  - 13) Otsuji Y, Handschumacher MD, Schwammenthal E, Jiang L, Song JK, Guerrero JL, Vlahakes GJ, Levine RA: Insights from three-dimensional echocardiography into the mechanism of functional mitral regurgitation: direct in vivo demonstration of altered leaflet tethering geometry. *Circulation* 1997; **96**: 1999–2008
  - 14) Kumanohoso T, Otsuji Y, Yoshifuku S, Matsukida K, Koriyama C, Kisanuki A, Minagoe S, Levine RA, Tei C: Mechanism of higher incidence of ischemic mitral regurgitation in patients with inferior myocardial infarction: quantitative analysis of left ventricular and mitral valve geometry in 103 patients with prior myocardial infarction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; **125**: 135–143
  - 15) Fukushima S, Kobayashi J, Bando K, Niwaya K, Tagusari O, Nakajima H, Kitamura S: Late outcomes after isolated coronary artery bypass grafting for ischemic mitral regurgitation. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; **53**: 354–360
  - 16) Dion R: Ischemic mitral regurgitation: when and how it should be corrected? *J Heart Valve Dis* 1993; **2**: 536–543
  - 17) Gillinov AM, Wierup PN, Blackstone EH, Bishay ES, Cosgrove DM, White J, Lytle BW, McCarthy PM: Is repair preferable to replacement for ischemic mitral regurgitation? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; **122**: 1125–1141
  - 18) Hochberg MS, Parsonnet V, Gielchinsky I, Hussain SM: Coronary artery bypass grafting in patients with ejection fractions below forty percent. Early and late results in 466 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983; **86**: 519–527
  - 19) Dietl CA, Berkheimer MD, Woods EL, Gilbert CL, Pharr WF, Benoit CH: Efficacy and cost-effectiveness of preoperative IABP in patients with ejection fraction of 0.25 or less. *Ann Thorac Surg* 1996; **62**: 401–408
  - 20) Carr JA, Haithcock BE, Paone G, Bernabei AF, Silverman NA: Long-term outcome after coronary artery bypass grafting in patients with severe left ventricular dysfunction. *Ann Thorac Surg* 2002; **74**: 1531–1536
  - 21) Toda K, Mackenzie K, Mehra MR, DiCorte CJ, Davis JE, McFadden PM, Ochsner JL, White C, Van Meter CH Jr: Revascularization in severe ventricular dysfunction (15% < OR = LVEF < OR = 30%): a comparison of bypass grafting and percutaneous intervention. *Ann Thorac Surg* 2002; **74**: 2082–2087; discussion 2087
  - 22) Elefteriades J, Edwards R: Coronary bypass in left heart failure. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2002; **14**: 125–132
  - 23) Meharwal ZS, Trehan N: Off-pump coronary artery bypass grafting in patients with left ventricular dysfunction. *Heart Surg Forum* 2002; **5**: 41–45
  - 24) Deuse T, Detter C, Samuel V, Boehm DH, Reichenspurner H, Reichart B: Early and midterm results after coronary artery bypass grafting with and without cardiopulmonary bypass: which patient population benefits the most? *Heart Surg Forum* 2003; **6**: 77–83
  - 25) Yokoyama T, Baumgartner FJ, Gheissari A, Capouya ER, Panagiotides GP, Declusin RJ: Off-pump versus on-pump coronary bypass in high-risk subgroups. *Ann Thorac Surg* 2000; **70**: 1546–1550
  - 26) Ascione R, Narayan P, Rogers CA, Lim KH, Capoun R, Angelini GD: Early and midterm clinical outcome in patients with severe left ventricular dysfunction undergoing coronary artery surgery. *Ann Thorac Surg* 2003; **76**: 793–799
  - 27) Dewey TM, Herbert MA, Prince SL, Magee MJ, Edgerton JR, Trachiotis G, Alexander EP, Mack MJ: Avoidance of cardiopulmonary bypass improves early survival in multivessel coronary artery bypass patients with poor ventricular function. *Heart Surg Forum* 2004; **7**: 45–50
  - 28) Shennib H, Endo M, Benhamed O, Morin JF: Surgical revascularization in patients with poor left ventricular function: on- or off-pump? *Ann Thorac Surg* 2002; **74**: S1344–S1347
  - 29) Kirali K, Rabus MB, Yakut N, Toker ME, Erdogan HB, Balkanay M, Alp M, Yakut C: Early- and long-term comparison of the on- and off-pump bypass surgery in patients with left ventricular dysfunction. *Heart Surg Forum* 2002; **5**: 177–181
  - 30) Goldstein DJ, Beauford RB, Luk B, Karanam R, Prendergast T, Sardari F, Burns P, Saunders C: Multivessel off-pump revascularization in patients with severe left ventricular dysfunction. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003; **24**: 72–80
  - 31) Al-Ruzzeh S, Athanasiou T, George S, Glenville BE, DeSouza AC, Pepper JR, Amrani M: Is the use of cardiopulmonary bypass for multivessel coronary artery bypass surgery an independent predictor of operative mortality in patients with ischemic left ventricular dysfunction? *Ann Thorac Surg* 2003; **76**: 444–451; discussion 451–452
  - 32) Al-Ruzzeh S, Nakamura K, Athanasiou T, Modine T, George S, Yacoub M, Ilsley C, Amrani M: Does off-pump coronary artery bypass (OPCAB) surgery improve the outcome in high-risk patients? a comparative study of 1398 high-risk patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003; **23**: 50–55
  - 33) Meharwal ZS, Mishra YK, Kohli V, Bapna R, Singh S, Trehan N: Off-pump multivessel coronary artery surgery in high-risk patients. *Ann Thorac Surg* 2002; **74**: S1353–S1357
  - 34) Arom KV, Flavin TF, Emery RW, Kshetry VR, Petersen RJ, Janey PA: Is low ejection fraction safe for off-pump coronary bypass operation? *Ann Thorac Surg* 2000; **70**: 1021–1025
  - 35) Arom KV, Emery RW, Flavin TF, Kshetry VR, Petersen RJ: OPCAB surgery: a critical review of two different categories of pre-operative ejection fraction. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; **20**: 533–537
  - 36) Tugtekin SM, Guliemos V, Cichon R, Kappert U, Matschke K, Knaut M, Schuler S: Off-pump surgery for anterior vessels in patients with severe dysfunction of the left ventricle. *Ann Thorac Surg* 2000; **70**: 1034–1036

- 37) Kim KB, Lim C, Ahn H, Yang JK: Intraaortic balloon pump therapy facilitates posterior vessel off-pump coronary artery bypass grafting in high-risk patients. *Ann Thorac Surg* 2001; **71**: 1964–1968
- 38) Craver JM, Murrah CP: Elective intraaortic balloon counterpulsation for high-risk off-pump coronary artery bypass operations. *Ann Thorac Surg* 2001; **71**: 1220–1223
- 39) Mishra M, Shrivastava S, Dhar A, Bapna R, Mishra A, Meharwal ZS, Trehan N: A prospective evaluation of hemodynamic instability during off-pump coronary artery bypass surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003; **17**: 452–458
- 40) Jasinski MJ, Wos S, Olszowka P, Szafranek A, Bachowski R, Ceglarek W, Widenka K, Gemel M, Deja M, Szurlej D: Dysfunction of left ventricle as an indication for off-pump coronary artery bypass grafting. *Heart Surg Forum* 2003; **6**: E85–E88
- 41) Puskas J, Cheng D, Knight J, Angelini G, DeCannier D, Diegeler A, Dullum M, Martin J, Ochi M, Patel N, Sim E, Trehan N, Zamvar V: Off-pump versus Conventional Coronary Artery Bypass Grafting: A Meta-analysis and Consensus Statement from the 2004 ISMICS Consensus Conference. *Innovations 2005; Technology & Techniques in Cardiothoracic & Vascular Surgery* 1: 3–27
- 42) Tagusari O, Kobayashi J, Bando K, Niwaya K, Nakajima H, Nakatani T, Yagihara T, Kitamura S: Total arterial off-pump coronary artery bypass grafting in patients with poor left ventricular function (LVEF<30%). *ISMICS 05*, 2005, 316