

## 低心機能症例に対する on-pump CABG

廣谷 隆, 内川 伸, 宮脇 佳世, 竹内 成之

Hirotani T, Uchikawa S, Miyawaki-Shimizu K, Takeuchi S: **On-pump CABG for patients with low left ventricular function.** J Jpn Coron Assoc 2006; 12: 153-158

### I. はじめに

本邦においてはすっかり off-pump CABG (coronary artery bypass graft) が全盛で、2004 年度日本冠動脈外科学会の統計によれば、全国主要 274 施設における単独 CABG (初回待機手術) 10,116 例のうち off-pump CABG の占める割合は 6,276 例で、年々増加しており、2004 年度の集計で初めて全体の 50% を超えた (62%)<sup>1)</sup>。事実、off-pump CABG は、その手法、成績の進歩は目覚ましく、本邦は世界のトップレベルにあるといつても過言ではない。しかし、欧米では off-pump CABG vs on-pump CABG が真摯な立場で検討されつつあるなか、全 CABG 症例のうち off-pump CABG の占める割合は年々減少傾向にある。医療経済に対して本邦以上に敏感な欧米諸国において、より安価で行える off-pump CABG が定着しないことにはいくつかの理由が考えられるが、そのうちの一つが遠隔成績に対する懸念と思われる。1998 年、Loma Linda University の Gundry らが on-pump CABG 112 例と off-pump CABG 107 例との間で術後 7 年間の遠隔成績を比較検討したところ、生存率 (79% vs 80%)、心臓死回避率 (91% vs 88%) に差は認められなかったものの、術後心臓カテーテル検査を受けた例が 16% (on-pump) vs 30% (off-pump)、冠動脈インターベンションを受けた例が 7% (on-pump) vs 20% (off-pump) と明らかな有意差が認められた<sup>2)</sup>。この報告以来、on-pump CABG が遠隔成績のうえで off-pump CABG に勝ると報告された同様な論文は数多くある<sup>3-6)</sup>。本邦においても、off-pump CABG の初期の頃の報告ではあるが、天野らは術後 36 カ月の心事故回避率の検討で、off-pump CABG が on-pump CABG に有意に劣っていた (off-pump 84.0%, on-pump 88.0%) と述べている<sup>7)</sup>。

2004 年度日本冠動脈外科学会の統計によれば、CABG の手術死亡率は、初回待機手術で 1.04% と極めて良好である<sup>1)</sup>。このような状況のなかで、仮に人工心肺を使わぬことで従来の on-pump CABG に比して手術の侵襲を下げ

ることができたとしても、あるいはまた手術の morbidity を改善させることができたとしても、on-pump CABG と比較して認められる差はわずかである。一方、off-pump CABG が冠動脈インターベンションと比較して低侵襲性においても morbidity においても勝ることは到底不可能と考えられる。したがって、現代の心臓外科医の責務は、冠動脈インターベンションに対して、今まで明らかに優位にたってきている遠隔成績を良好に維持し、できればさらに向上させることではないだろうか。

遠隔成績改善のためのわれわれ心臓外科医の努力として動脈グラフトの積極的使用がある。Off-pump CABG を推進する施設では橈骨動脈を第二、第三選択のグラフト種として積極的に使用している。これには、in situ バイパスを増やして、バイパスの中枢側吻合をなくすことで off-pump CABG の最大の利点としたい、術後脳合併症の予防に寄与しようとする意図が関係している。しかし、すべての動脈グラフトのなかで大伏在静脈グラフトに比して長期開存性の点で優位性が証明されているのは唯一 in situ 内胸動脈 (ITA) だけである。その in situ ITA でさえ、両側使用した場合が一側使用した場合の遠隔成績を有意差をもって上回ることはできるのは術後 10 年以上経た後であること<sup>8,9)</sup> を銘記しなければならない。手術手技的な犠牲を払って、何とか ITA を両側使用してもその効果がはっきり表れるのは術後 10 年以上先なのであるから、いくつかの研究報告<sup>3-6)</sup> にあるように、手術後 5~10 年の遠隔成績が on-pump CABG に劣るかもしれない off-pump CABG において、3 本目の動脈グラフトを遊離で使用する必然性があるのかどうかを熟慮する必要があろう。手術前に、遊離した ITA や橈骨動脈を使用することを検討する前に、on-pump CABG を行って質の高い吻合を行うことを心掛けるべきではないだろうか。

このような理由で、筆者らの施設では、今までのところ on-pump CABG をルーチンとしているので、その立場から低心機能症例に対する CABG について自験例も含めて論じたい。

## II. On-pump CABG の利点、欠点

低心機能症例に対する on-pump CABG を論ずるにあたり、現在までに一般的にいわれている off-pump CABG と比較した場合での on-pump CABG の利点、欠点について、2005 年に報告された AHA Scientific Statement<sup>10)</sup> に従って、ほぼ異論のない点、予想されるが確定されていない点に分けて述べたい。

### 1. ほぼ異論のない利点と欠点

利点は吻合が容易であること、心内操作を併せて施行できること、拡張した心臓への操作が容易であること、off-pump では難しい次のような吻合が容易または可能なことである。(1)右冠動脈(RCA)、左回旋枝(LCX)末梢枝への吻合、(2)動きの大きい心基部へのアプローチ(冠動脈中枢部への吻合)、(3)心筋内を走行する冠動脈への吻合、(4)内膜摘除や onlay patch が必要な吻合、(5)石灰化のある冠動脈への吻合。これら技術的な利点によってもたらされた結果として、バイパス吻合数が多いこと、その結果として完全血行再建率が高いこと<sup>11-14)</sup>、バイパスの開存率が高いこと<sup>15)</sup>、中長期遠隔成績で心事故回避率が良好であること<sup>3-6)</sup> などがほぼ明らかにされている。

欠点は、術中出血量が多くなること<sup>16-18)</sup>、心筋逸脱酵素が上昇すること<sup>18, 19)</sup>、術後の神経機能障害(器質的障害を伴わない)が多く認められること<sup>20)</sup>、大動脈高度動脈硬化例における手術死亡率が高いこと<sup>21, 22)</sup> などがほぼ証明されている。

### 2. 予想されるが確定されていない利点と欠点

利点は長期生存率が勝ることなど、欠点は術後合併症(脳梗塞、周術期心筋梗塞、創感染、腎不全、呼吸不全、心房細動など)が増加すること、入院期間が延長することなどが予想されていたが、未だに結果に一定な傾向が見いだされていない。

## III. Off-pump CABG の進歩

Off-pump CABG の進歩、とくに各種デバイスの進歩は目覚ましく、上述したような on-pump に劣る点も減少していくであろうし、on-pump に勝る点も増加していくであろうと思われる。しかし、気掛かりなことは、未だに手術後のバイパス開存率に差が認められたという報告がみられることで、技術的な部分で未完成な部分が存在することがうかがえる。Khan ら<sup>15)</sup> は、Royal Brompton Hospital で行った多枝バイパス症例 103 例の randomized prospective study の結果、術後 3 カ月のグラフト開存率について次のように報告している。全体の開存率は、on-pump 98% に対して off-pump 88% (p=0.002) で、バイパスの吻合部位別では、左前下行枝へのバイパスの開存率は on-pump 100% に対して off-pump 92% (p=0.07)、LCX へのバイパスの開存率は on-pump 95% に対して off-pump 87% (p=0.25)、RCA へのバイパスの開存率は on-pump 100% に対して off-

pump 84% (p=0.01) であった。グラフト種別では、ITA の開存率は on-pump 100% に対して off-pump 92% (p=0.05)、橈骨動脈の開存率は on-pump 100% に対して off-pump 76% (p=0.01)、大伏在静脈の開存率は on-pump 95% に対して off-pump 91% (p=0.42) であった。

## IV. 低心機能症例に対する CABG の際の留意点

低心機能症例は、CABG の手術成績が目覚ましく向上した現在においても未だ危険因子のひとつである。このような症例に対して CABG を行う際に留意すべきことは、端的にいえば、できるだけ心臓への負担を小さく、viable な心筋の存在を見極め、できるだけ多くの viable な心筋を血行再建することである。また、それに加えて最近議論されていることは、合併することのある僧帽弁閉鎖不全に対していかに対処するかが重要なポイントとなる。これらのことを利用したうえで on-pump CABG と off-pump CABG とどちらが有利であるか考えてみたい。

まず、手術の心臓への負担はどうか。Off-pump に比べて on-pump では、術後の CPK-MB (myocardial band fraction of creatine phosphokinase) の上昇が大きいこと<sup>18, 19)</sup> はほぼ確実であるから、おそらく on-pump CABG のほうが心筋に対するダメージは大きいと考えられる。しかし、周術期心筋梗塞の発生率に差を認めた報告はむしろ少ないので、ダメージの違いは軽微なものであろうと想像される。では、できるだけ多くの心筋に血行再建するにはどちらが有利かというと、あらゆる部位のあらゆる性状の冠動脈に吻合しやすい on-pump CABG が有利であろうことは明白で、とくに低心機能症例では心臓が拡大している場合も多く、off-pump CABG では LCX 領域や RCA 領域へのバイパスがより困難になるばかりでなく、心臓脱転時の循環動態を維持するのも心機能が良好な例に比べて困難になる。また、on-pump CABG では、平均バイパス吻合数も多く、完全血行再建率も高く<sup>11-14)</sup>、バイパス開存率も高い<sup>15)</sup> ことから、CABG によって得られる恩恵は on-pump CABG のほうが大きいと考えられる。

そもそも CABG を行うからには完全血行再建が望まれるが、とくに低心機能症例では完全血行再建が遠隔成績に及ぼす影響は大きい。CASS 報告によれば、3 枝病変症例に対する CABG 3,372 例の検討の結果、完全血行再建が遠隔成績改善に最も寄与するのは、重症狭窄症と低心機能症例で、左室駆出率(LVEF) < 0.35 の重症狭窄症例では、術後 6 年の生存率において完全血行再建例(69%)が非完全血行再建例(45%)に有意(p=0.04)に勝っていた<sup>23)</sup>。

次に、虚血性僧帽弁閉鎖不全に対する処理について考えてみる。Hickey らによれば、虚血性僧帽弁閉鎖不全症例の自然予後は、心カテ後 1 年以内の死亡率が severe MR (mitral regurgitation) で 40%，moderate MR で 17%，mild MR で 10% といわれている<sup>24)</sup>。そこで、CABG の適応があるような虚血性僧帽弁閉鎖不全の場合には、僧帽弁

表1 低心機能症例に対する CABG 手術成績(最近 5 年間の報告例)

報告者	報告年	症例数(n)		死亡率(%)		バイパス吻合数 /pt		遠隔成績	
		On-pump	Off-pump	On-pump	Off-pump	On-pump	Off-pump	On-pump	Off-pump
Carr JA <sup>29)</sup>	2002	86	0	11	—	2.4	—	5, 10 年生存率 65%, 33%	—
Toda K <sup>30)</sup>	2002	69	0	7	—	3.0	—	3 年生存率 73% 3 年心事故回避率 71%	—
Kirali K <sup>31)</sup>	2002	25	26	0	0	—	—	6 年生存率 92%	6 年生存率 92%
Shennib H <sup>26)</sup>	2002	46	31	10.9	3.2	3.0	1.5	—	—
Meharwal ZS <sup>32)</sup>	2002	959	355	6.0	3.9	3.3	2.8	—	—
Nishi H <sup>33)</sup>	2003	42	0	2.4	—	4.6	—	5 年生存率 83% 5 年心事故回避率 78%	—
Prifti E <sup>34)</sup>	2003	91 (うち 30 は beating)	0	11	—	2.5 (arrest) 2.7 (beating)	—	1, 2, 3 年生存率 beating 93, 87, 75% arrest 91, 84, 70%	—
Goldstein DJ <sup>35)</sup>	2003	0	100	—	3	—	3.5	—	1 年生存率 88% 1 年心事故回避率 88%
Ascione R <sup>28)</sup>	2003	176	74	3	7	2.9	2.4	3 年生存率 87%	3 年生存率 73%
Al-Ruzzeh S <sup>27)</sup>	2003	199	106	14.1	6.6	3.1	3.0	—	—
Jasinski MJ <sup>36)</sup>	2003	0	150	—	2.7	—	1.5	—	—
Gulcan O <sup>37)</sup>	2005	46 (beating)	0	4.3	—	3.1	—	—	—
Darwazah AK <sup>38)</sup>	2006	84	66	10.7	6.1	3.4	2.0	—	—
廣谷 隆 (本報告)	2006	109	0	0.92	—	3.3	—	5, 10 年生存率 82%, 74% 5, 10 年心事故回避率 85%, 81%	—

形成術を追施すべきではないかという議論になる。CABG のみでよいか僧帽弁形成術を追加すべきかについては最近数多くの報告があるが、moderate to severe MR の場合には僧帽弁形成術を追施することに異論はないようである<sup>25)</sup>。問題は mild to moderate MR の場合にどうすべきかで、今までのところ意見の一一致をみていないが、僧帽弁形成術を追施することで手術の危険性が増加する可能性が少ない低リスク症例では僧帽弁形成術を追施するのがよいであろう。とすると、moderate 以上の MR を伴った低心機能症例では、CABG の際に僧帽弁形成術を同時に実行すべきということになり、必然的に人工心肺を使用することになる。

まとめると、手術死亡率の上昇が軽微に抑えられるのであれば、遠隔成績改善にとって有利な on-pump CABG を行うほうがよく、心停止を行うことでかなり手術死亡率が上昇することが予測されるような例で MR の程度が mild to moderate 以下の場合には off-pump CABG を行うほうがよいことになろう。

## V. 最近の研究報告

低心機能症例に対する on-pump CABG と off-pump CABG の手術成績を比較検討した報告はいくつかある<sup>26-28)</sup>が、残念ながらいずれも retrospective non-randomized study である。その研究結果をみてみると、いずれの報告においても on-pump CABG で平均グラフト吻合数は多く、手術死亡率は on-pump CABG で高い傾向が認められたが、遠隔成績を唯一検討している Ascione らによれば、3 年生存率は on-pump CABG(87%)が off-pump CABG(73%)を上回る傾向( $p=0.16$ )にあった<sup>28)</sup>。

次いで最近報告された低心機能症例に対する CABG の手術方法(on-pump か off-pump か)とその成績とを検討してみた(表1)。症例数は全体的にみて、on-pump CABG のほうが多い傾向で、死亡率は on-pump CABG のほうが高い傾向がある。ただし、ほとんどの報告で、より重症例が on-pump で行われている傾向があるのも事実である。バイパス吻合数はいずれの報告例においても on-pump

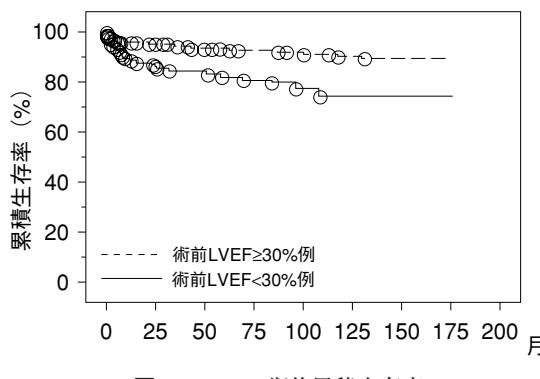


図1 CABG術後累積生存率

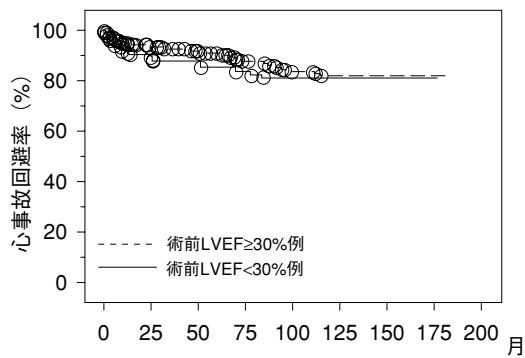


図2 CABG術後心事故回避率

CABGのほうが多い。遠隔成績については on-pump と off-pump CABG で比較検討ができるレベルにはなさそうである。

## VI. 当施設の手術方針と手術成績

前述したように、当施設では現在までのところ人工心肺使用、心停止下での CABG を原則としている。1990 年 12 月当科開設以来 2005 年 12 月までの 15 年間に施行した単独 CABG 867 例のうち、術前施行した左室造影(LVG)上、LVEF が 30% に満たなかった低心機能症例は 109 例で、男性 82 例、女性 27 例、年齢は 38~88(平均 65.8±10.1) 歳、冠動脈病変は左主幹部 22 例、3 枝病変 65 例、2 枝病変 20 例、1 枝病変 2 例であった。これらのうち急性心筋梗塞(発症 30 日以内)例が 31 例、大動脈バルーンパンピング装着例が 45 例、気管内挿管例が 9 例、心不全例が 69 例であった。合併疾患としては、糖尿病合併 71 例、脳梗塞合併 43 例があった。術前の LVG 上の LVEF は 10~30(平均 23.8±5.0) % であった。

手術は全例心停止下にバイパスの中枢側、末梢側とも吻合しており、大動脈遮断時間は 28~220(114.7±36.8) 分、末梢側吻合数は 1~6(平均 3.3±1.0) 箇所、内胸動脈使用率 86%、両側内胸動脈使用率 53% であった。

手術成績は病院死亡率 1/109(0.92%) (死因、呼吸不全)、術後 1~3 週後に行った造影検査による早期バイパス開存率は 95.6% (内胸動脈開存率 96.6%) であった。遠隔成

績は、累積生存率(5, 10 年)は 82%, 74% で、術前 LVEF が 30% 以上であった症例の 93%, 90% と比べると有意( $p<0.0001$ )に低率であった(図 1)が、心事故(心臓死、心筋梗塞、再 CABG、冠動脈インターベンション)回避率(5, 10 年)は 85%, 81% と、術前 LVEF が 30% 以上であった症例の 91%, 82% と比べて有意差はなかった( $p=0.212$ ) (図 2)。

このように、当施設では低心機能症例であっても手術死亡率は上昇しておらず、良好な遠隔成績を目指して on-pump CABG を行ってきたことは妥当であったと考えている。施設により手術を依頼される症例群に差があるであろうから、必ずしも手術死亡率を上げずに低心機能症例の CABG も行えるというものではないと考えてはいるが、on-pump CABG でも十分満足できる手術近接期成績が望めると思われる。それならば、遠隔成績の点で、冠動脈インターベンションとの差が最も明確な疾患群の一つである低心機能症例では、moderate 以上の MR を伴った症例であっても容易に僧帽弁形成術が行える on-pump CABG を選択すべきではないだろうか。もちろん、体外循環による悪影響が強く疑われる大動脈高度動脈硬化例、高度脳血管病変合併例、慢性閉塞性肺疾患例、肝硬変例などでは、off-pump CABG が考慮されても良いかもしれない。ただし、1998 年から 2004 年までに 40 施設で行われた off-pump CABG 7,880 例の検討によれば、7,880 例中で手術中に on-pump CABG に移行したのは 456 例あり、これらの手術死亡率は 9.9% で、同時期に行われた on-pump CABG 62,634 例の手術死亡率 3.0% の 3 倍以上であった<sup>39)</sup> ことを認識しておくべきであろう。

## 文 献

- 瀬在幸安、折目由紀彦、塚本三重生：わが国の冠動脈外科の現状：2004 年度全国冠動脈外科アンケート結果。冠疾患誌 2006; 12: 9-16
- Gundry SR, Romano MA, Shattuck OH, Razzouk AJ, Bailey LL: Seven-year follow-up of coronary artery bypasses performed with and without cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg 1998; 115: 1273-1278
- Reston JT, Tregear SJ, Turkelson CM: Meta-analysis of short-term and mid-term outcomes following off-pump coronary artery bypass grafting. Ann Thorac Surg 2003; 76: 1510-1515
- Racz MJ, Hannan EL, Isom OW, Subramanian VA, Jones RH, Gold JP, Ryan TJ, Hartman A, Culliford AT, Bennett E, Lancey RA, Rose EA: A comparison of short- and long-term outcomes after off-pump and on-pump coronary artery bypass graft surgery with sternotomy. J Am Coll Cardiol 2004; 43: 557-564
- Williams ML, Muhlbauer LH, Schroder JN, Hata JA, Peterson ED, Smith PK, Landolfo KP, Messier RH, Davis RD, Milano CA: Risk-adjusted short- and long-term outcomes for on-pump versus off-pump coronary artery bypass surgery. Circulation 2005; 112 (9 Suppl): I366-I370
- Caputo M, Reeves BC, Rajkaruna C, Awair H, Angelini GD: Incomplete revascularization during OPCAB surgery is

- associated with reduced mid-term event-free survival. *Ann Thorac Surg* 2005; **80**: 2141–2147
- 7) Amano A, Hirose H, Takahashi A, Nagano N: Off-pump coronary artery bypass. Mid-term results. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; **49**: 67–78
  - 8) Lytle BW, Blackstone EH, Loop FD, Houghtaling PL, Arnold JH, Akhrass R, McCarthy PM, Cosgrove DM: Two internal thoracic artery grafts are better than one. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; **117**: 855–872
  - 9) Galbut DL, Traad EA, Dorman MJ, DeWitt PL, Larsen PB, Kurlansky PA, Carrillo RG, Gentsch TO, Ebra G: Coronary bypass grafting in the elderly. Single versus bilateral internal mammary artery grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993; **106**: 128–136
  - 10) Sellke FW, DiMaio JM, Caplan LR, Ferguson TB, Gardner TJ, Hiratzka LF, Isselbacher EM, Lytle BW, Mack MJ, Murkin JM, Robbins RC: Comparing on-pump and off-pump coronary artery bypass grafting. *Circulation* 2005; **111**: 2858–2864
  - 11) Sabik JF, Gillinov AM, Blackstone EH, Vacha C, Houghtaling PL, Navia J, Smedira NG, McCarthy PM, Cosgrove DM, Lytle BW: Dose off-pump coronary surgery reduce morbidity and mortality? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; **124**: 698–707
  - 12) Brown JM, Poston RS, Gammie JS, Cardarelli MG, Schwartz K, Sikora JAH, Yi S, Pierson RN III, Griffith BP: Off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting in consecutive patients: decision-making algorithm and outcomes. *Ann Thorac Surg* 2006; **81**: 555–561
  - 13) Straka Z, Widimsky P, Jirasek K, Stros P, Votava J, Vanek T, Brucek P, Kolesar M, Spacek R: Off-pump versus on-pump coronary surgery: final results from a prospective randomized study Prague-4. *Ann Thorac Surg* 2004; **77**: 789–793
  - 14) Gaudino M, Glieca F, Alessandrini F, Nasso G, Pragliola C, Luciani N, Morelli M, Possati G: High risk coronary artery bypass patient: incidence, surgical strategies, and results. *Ann Thorac Surg* 2004; **77**: 574–579
  - 15) Khan NE, De Souza A, Mister R, Flather M, Clague J, Davies S, Collins P, Wang D, Sigwart U, Pepper J: A randomized comparison of off-pump and on-pump multivessel coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med* 2004; **350**: 21–28
  - 16) Mack MJ, Pfister A, Bachand D, Emery R, Magee MJ, Connolly M, Subramanian V: Comparison of coronary bypass surgery with and without cardiopulmonary bypass in patients with multivessel disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; **127**: 167–173
  - 17) Sabik JF, Blackstone EH, Lytle BW, Houghtaling PL, Gillinov AM, Cosgrove DM: Equivalent midterm outcomes after off-pump and on-pump coronary surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; **127**: 142–148
  - 18) Puskas JD, Williams WH, Duke PG, Staples JR, Glas KE, Marshall JJ, Leimbach M, Huber P, Garas S, Sammons BH, McCall SA, Petersen RJ, Bailey DE, Chu H, Mahoney EM, Weintraub WS, Guyton RA: Off-pump coronary artery bypass grafting provides complete revascularization with reduced myocardial injury, transfusion requirements, and length of stay: a prospective randomized comparison of two hundred unselected patients undergoing off-pump versus conventional coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; **127**: 142–148
  - 19) Gerola LR, Buffolo E, Jasbik W, Botelho B, Bosco J, Brasil LA, Branco JN: Off-pump versus on-pump myocardial revascularization in low-risk patients with one or two vessel disease: perioperative results in a multicenter randomized controlled trial. *Ann Thorac Surg* 2004; **77**: 569–573
  - 20) Van Dijk D, Jansen EW, Hijman R, Nierich AP, Diephuis JC, Moons KG, Lahpor JR, Borst C, Keizer AM, Nathoe HM, Grobbee DE, De Jaegere PP, Kalkman CJ; Octopus Study Group: Cognitive outcome after off-pump and on-pump coronary artery bypass graft surgery: a randomized trial. *JAMA* 2002; **287**: 1405–1412
  - 21) Sharony R, Bizekis CS, Kanchuger M, Galloway AC, Saunders PC, Applebaum R, Schwartz CF, Ribakove GH, Culliford AT, Baumann FG, Kronzon I, Colvin SB, Grossi EA: Off-pump coronary artery bypass grafting reduces mortality and stroke in patients with atherosomatous aortas: a case control study. *Circulation* 2003; **108** (Suppl 1): II15–II20
  - 22) Sharony R, Grossi EA, Saunders PC, Galloway AC, Applebaum R, Ribakove GH, Culliford AT, Kanchuger M, Kronzon I, Colvin SB: Propensity case-matched analysis of off-pump coronary artery bypass grafting in patients with atherosomatous aortic disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; **127**: 406–413
  - 23) Bell MR, Gersh BJ, Schaff HV, Holmes DR Jr, Fisher LD, Alderman EL, Myers WO, Parsons LS, Reeder GS; Investigators of the Coronary Artery Surgery Study: Effect of completeness of revascularization on long-term outcome of patients with three-vessel disease undergoing coronary artery bypass surgery. *Circulation* 1992; **86**: 446–457
  - 24) Hickey MS, Smith LR, Muhlbauer LH, Harrell FE Jr, Reves JG, Hinohara T, Califf RM, Pryor DB, Rankin JS: Current prognosis of ischemic mitral regurgitation. Implications for future management. *Circulation* 1988; **78** (3 Pt 2): I51–I59
  - 25) Borger MA, Alam A, Murphy PM, Doenst T, David TE: Chronic ischemic mitral regurgitation: repair, replace or rethink? *Ann Thorac Surg* 2006; **81**: 1153–1161
  - 26) 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
  - 27) 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
  - 28) Ascione R, Narayan P, Rogers CA, Lim KHH, 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
  - 29) 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
  - 30) 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%  $\leq$  LVEF  $\leq$  30%): a comparison of bypass grafting and percuta-

- neous intervention. Ann Thorac Surg 2002; **74**: 2082–2087
- 31) 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
- 32) Meharwal ZS, Trehan N: Off-pump coronary artery bypass grafting in patients with left ventricular dysfunction. Heart Surg Forum 2002; **5**: 41–45
- 33) Nishi H, Miyamoto S, Takanashi S, Minamimura H, Ishikawa T, Shimizu Y: Complete revascularization in patients with severe left ventricular dysfunction. Ann Thorac Cardiovasc Surg 2003; **9**: 111–116
- 34) Prifti E, Bonacchi M, Giunti G, Frati G, Leacche M, Bartolozzi F: Beating heart ischemic mitral valve repair and coronary revascularization in patients with impaired left ventricular function. J Card Surg 2003; **18**: 375–383
- 35) Goldstein DJ, Beauford RB, Luk B, Karanam R, Prendergast T, Sardari F, Burns P, Saunders C: Multivesel off-pump revascularization in patients with severe left ventricular dysfunction. Eur J Cardiothorac Surg 2003; **24**: 72–80
- 36) 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
- 37) Gulcan O, Turkoz R, Turkoz A, Caliskan E, Sezgin AT: On-pump/beating-heart myocardial protection for isolated or combined coronary artery bypass grafting in patients with severe left ventricle dysfunction: assessment of myocardial function and clinical outcome. Heart Surg Forum 2005; **8**: E178–E182
- 38) Darwazah AK, Abu Sham'a RA, Hussein E, Hawari MH, Ismail H: Myocardial revascularization in patients with low ejection fraction  $\leq 35\%$ : effect of pump technique on early morbidity and mortality. J Card Surg 2006; **21**: 22–27
- 39) Jin R, Hiratzka LF, Grunkemeier GL, Krause A, Page US III: Aborted off-pump coronary artery bypass patients have much worse outcomes than on-pump or successful off-pump patients. Circulation 2005; **112** (9 Suppl): I332–I337