

## OPCAB の過去 10 年の進歩と今後

滋賀医科大学 外科学講座 心臓血管外科 教授 浅井 徹

### 冠動脈バイパス術の意義

虚血性心疾患の歴史で、冠動脈バイパス手術(CABG)ほど検証を重ねてきた治療法はない。薬剤溶出性ステント(DES)によるカテーテル治療(PCI)が全盛の現在においても、重症冠動脈病変に対する最も強力な心筋梗塞二次予防の効果を発揮するのは CABG である。古典的には(図 1)に示すように、冠動脈三枝病変を有する患者で術後 10 年以上にわたり、薬剤治療のみの群より有意に全死亡率を下げる効果が確認<sup>1)</sup>されている。ただし、術後 1 年以内では、薬剤治療群より死亡率は若干高い。また、術後 10 年以降ではその効果が減弱した。心臓外科医の努力は、この二つの弱点に関して前者に対してはオフポンプ手術に代表される低侵襲手術の進化と、後者に対する硬化や劣化が稀な動脈グラフトの導入に集約されるといっても過言ではない。

さらに近年の SYNTAX 試験<sup>2)</sup>(図 2)では、冠動脈病変の複雑度 (SYNTAX スコア) が進むにつれて、たとえ二年でも明らかに DES による PCI よりも再血行再建率だけでなく心筋梗塞発生率と死亡率で CABG の優位性が示唆された。心臓外科医の私が見て興味を引いたことは冠動脈病変複雑度が増すにつれ、CABG のイベントが低いことである。より重症病変ほど力を発揮するという CABG のユニークな特性を明らかにしている。

こうした現象は、CABG の特性と虚血性心疾患の特徴を踏まえると容易に納得がいく。PCI はいかに進化しようとも病変に限局する局所治療であるのに対して、CABG は現在の高度病変だけでなくその前後の将来閉塞しうる病変に対してもその遠位側で新たな良質の血流供給路を構築することで領域保護を確立するということが納得できる説明となっている(図 3)。さらに、重症冠動脈疾患で将来次の心筋梗塞がいつ、どの病変で起こるか予測できないこと<sup>3)</sup>(図 4)が CABG の価値を際立たせている。冠動脈疾患の進行性と多発性、そして閉塞が起こる偶発性は現在の解決されない問題であることを内科医も外科医も認識すべきであろう。そんな中で CABG は現在も近い将来も、重症冠動脈疾患で心筋梗塞、心臓死を予防する唯一強力な力を持っている治療法である。

### 日本の冠動脈バイパス術の現状

冠動脈外科全国アンケート調査結果 2015<sup>4)</sup>によれば、単独冠動脈バイパス手術は全国で 9,707 例と前年比 71%と減少している(図 5)。そのうち初回待機手術のオフポンプ手術の割合は 63%であった。2004 年以降この数値はほぼ安定している(図 6)。オフポンプからオンポンプへの移行は 1.8%で減少した。単独初回待機手術の死亡率は 0.83%であった。日本の

現状は減少傾向にあるものの CABG が安定した成績で、高いオフポンプ率で施行されているとまとめることができる。

## OPCAB の過去 10 年のエビデンスとガイドライン

心臓外科医が、オフポンプ手術の登場と普及で賑わっていたのは 2000 年前後であった。過去 10 年を振り返るといえることは、その普及した OPCAB の検証と課題が明らかにすることである。2009 年に Puskas らは、STS database を使いオフポンプ手術がオンポンプと比較して特に術前予測死亡率の高い症例ほど実際の死亡率が低いことを報告し、その低侵襲性が注目された<sup>5)</sup>。また、腎機能に注目すると、Chawla らは術後の急性腎障害と腎機能障害の進行の観点からオフポンプ手術が優れていることを示した<sup>6)</sup>。Misfeld らは上行大動脈操作を行わない OPCAB で神経学的合併症が少ないことをメタ解析で報告した<sup>7)</sup>。丸井らは、日本の登録研究を使って重症群で OPCAB が脳梗塞予防で優れているが死亡率は変わらないことを報告した<sup>8)</sup>。Sedrakyan らは、OPCAB が脳梗塞、心房細動、創感染など合併症発生率を減少させることをメタ解析で示した<sup>9)</sup>。しかし、長期予後に関して大規模ランダム化試験で、OPCAB がオンポンプ手術と比較して、30 日<sup>10)</sup>、1 年<sup>11)</sup>、5 年<sup>12)</sup>においてイベントに差が出ないことが報告された。Diegler らは 75 歳以上の高齢者においても 30 日、1 年でイベントに差がないことを報告した<sup>13)</sup>。総括すると、従来の上ポンプ手術に比べて OPCAB の効果は重症患者において手術直後の脳梗塞、腎障害などの合併症軽減させる効果が強いが、生命予後にはほとんど影響を与えなかった。2014 年に改正された ESC/EACTS guideline<sup>14)</sup>では術式の選択に関して脳梗塞予防(class I, level B)と高リスク患者に対する術式選択(Class IIa, level B)の推奨が記載された(図 7)。

## 私のスタンス：オフポンプ手術を極める

オフポンプ手術は、明らかに従来の上ポンプ手術と異なる独特の高い技術を要する手術である。しかしながら、不完全な技術でも何とか手術を完遂できることも多い。その代償となるのは血行再建のクオリティである。CABG の命はそのバイパスの質と最高の長期予後であって、低侵襲性はその次に重要となる。この手術を行う術者は最高のバイパスを行う決意とそれに伴う結果があつて初めて認められる。欧米では OPCAB のブームが冷え上ポンプこそ標準という風潮であるが、一部の重症にはオフポンプがよいと認めている。しかし、各施設や各外科医の症例数が限られた中で、一部だけをオフポンプで手術すれば、その肝心の重症例で OPCAB を最高の質で施行することはできないという矛盾がある。全例を最高の技術で OPCAB を行う技術を極めることが多くの外科医に可能であるし目標と設定すべきであると私は考える。

オフポンプ手術独特の高い技術とは、困難な課題ではなく習得可能な技術である。その技術の根幹は、心臓ポジションのコントロール(図 8)と心拍動下吻合であるが、全例でハートポジショナーや昇圧薬なしで可能なレベルの技術が伝授可能である。単にできるではな

く、comfortable に high quality にできる技術習得を獲得することを日本ではゴールとしてほしいと私は考えている。

#### OPCAB の今後

OPCAB は特に重症例で CABG の侵襲を低下させることは、かなりのレベルで検証されてきた。一部欧米でブームが冷めたかにみられるが、それは単に欧米の症例がまだ重症度の低いものがふんだんにあることの傍証に過ぎないとも考えられる。質の担保を術中と術後に検証してゆくきめ細かな本邦の冠動脈外科医の努力は高い評価を受けているが、今後も継続する努力が必要である。CABG が限られた数で行われる本邦では、高い技術とそれを謙虚に検証してゆくまさに現役外科医の日々の姿勢を後進に見せながら次世代の育成に力を注いでいく必要がある。CABG は近将来も重症冠動脈疾患の最も強力な予後改善の切り札である限り、最高水準の血行再建を最低侵襲で施行する外科医の存在価値はゆるがない。

## 文献

1. Yusuf S, Zucker D, Peduzzi P, Fisher LD, Takaro T, Kennedy JW, Davis K, Killip T, Passamani E, Norris R, et al. Effect of coronary artery bypass graft surgery on survival: overview of 10-year results from randomised trials by the Coronary Artery Bypass Graft Surgery Trialists Collaboration. *Lancet*. 1994 Aug 27;344(8922):563-70.
2. Mohr FW, Morice MC, Kappetein AP, Feldman TE, Ståhle E, Colombo A, Mack MJ, Holmes DR Jr, Morel MA, Van Dyck N, Houle VM, Dawkins KD, Serruys PW. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet*. 2013 Feb 23;381(9867):629-38.
3. Falk E, Shah PK, Fuster V. Coronary plaque disruption. *Circulation*. 1995 Aug 1;92(3):657-71. Review
4. <http://www.jacas.org/enquete/2015.html>
5. Puskas JD, Thourani VH, Kilgo P, Cooper W, Vassiliades T, Vega JD, Morris C, Chen E, Schmotzer BJ, Guyton RA, Lattouf OM. Off-pump coronary artery bypass disproportionately benefits high-risk patients. *Ann Thorac Surg*. 2009 Oct;88(4):1142-7.
6. Chawla LS, Zhao Y, Lough FC, Schroeder E, Seneff MG, Brennan JM. Off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting outcomes stratified by preoperative renal function. *J Am Soc Nephrol*. 2012 Aug;23(8):1389-97.
7. Misfeld M, Brereton RJ, Sweetman EA, Doig GS. Neurologic complications after off-pump coronary artery bypass grafting with and without aortic manipulation: meta-analysis of 11,398 cases from 8 studies. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011 Aug;142(2):e11-7.
8. Marui A, Okabayashi H, Komiya T, Tanaka S, Furukawa Y, Kita T, Kimura T, Sakata R; CREDO-Kyoto Investigators. Benefits of off-pump

coronary artery bypass grafting in high-risk patients. *Circulation*. 2012 Sep 11;126(11 Suppl 1):S151-7.

9. Sedrakyan A, Wu AW, Parashar A, Bass EB, Treasure T. Off-pump surgery is associated with reduced occurrence of stroke and other morbidity as compared with traditional coronary artery bypass grafting: a meta-analysis of systematically reviewed trials. *Stroke*. 2006 Nov;37(11):2759-69.

10. Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, Taggart DP, Hu S, Paolasso E, Straka Z, Piegas LS, Akar AR, Jain AR, Noiseux N, Padmanabhan C, Bahamondes JC, Novick RJ, Vaijyanath P, Reddy S, Tao L, Olavegogeochea PA, Airan B, Sulling TA, Whitlock RP, Ou Y, Ng J, Chrolavicius S, Yusuf S; CORONARY Investigators. Off-pump or on-pump coronary-artery bypass grafting at 30 days. *N Engl J Med*. 2012 Apr 19;366(16):1489-97.

11. Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, Taggart DP, Hu S, Paolasso E, Straka Z, Piegas LS, Akar AR, Jain AR, Noiseux N, Padmanabhan C, Bahamondes JC, Novick RJ, Vaijyanath P, Reddy SK, Tao L, Olavegogeochea PA, Airan B, Sulling TA, Whitlock RP, Ou Y, Pogue J, Chrolavicius S, Yusuf S; CORONARY Investigators. Effects of off-pump and on-pump coronary-artery bypass grafting at 1 year. *N Engl J Med*. 2013 Mar 28;368(13):1179-88.

12. Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, Taggart DP, Hu S, Straka Z, Piegas LS, Avezum A, Akar AR, Lanus Zanetti F, Jain AR, Noiseux N, Padmanabhan C, Bahamondes JC, Novick RJ, Tao L, Olavegogeochea PA, Airan B, Sulling TA, Whitlock RP, Ou Y, Gao P, Pettit S, Yusuf S; CORONARY Investigators. Five-Year Outcomes after Off-Pump or On-Pump Coronary-Artery Bypass Grafting. *N Engl J Med*. 2016 Dec 15;375(24):2359-2368

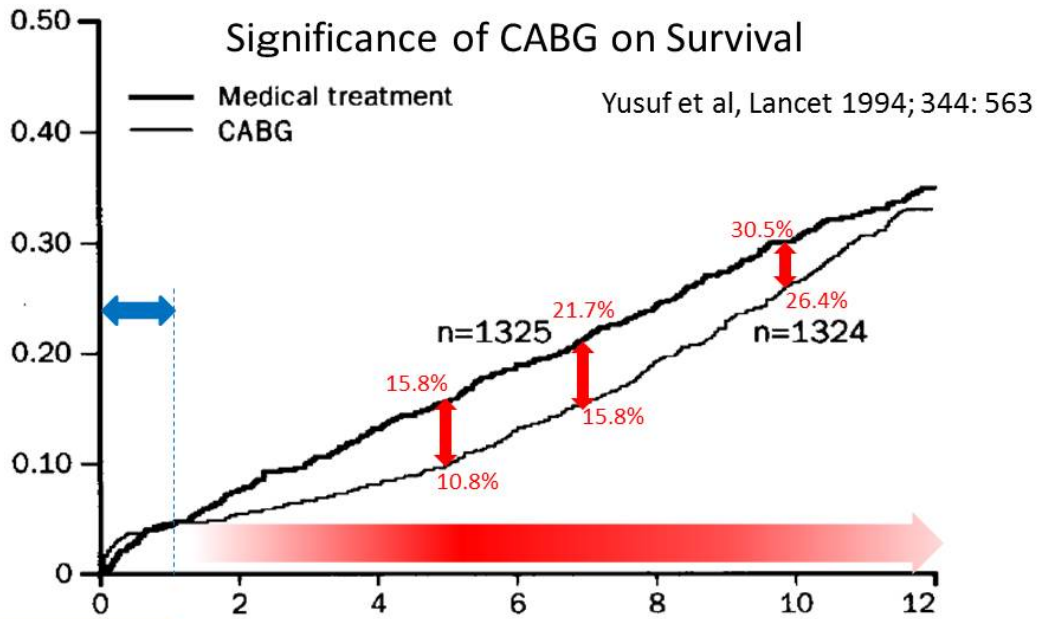
13. Diegeler A, Börgermann J, Kappert U, Breuer M, Böning A, Ursulescu A, Rastan A, Holzhey D, Treede H, Rieß FC, Veeckmann P, Asfoor A, Reents W, Zacher M, Hilker M; GOPCABE Study Group. Off-pump versus on-pump

coronary-artery bypass grafting in elderly patients. *N Engl J Med.* 2013 Mar 28;368(13):1189-98.

14. StephanWindecker, Kolh P, Alfonso F, Collet JP, Cremer J, Falk V, Filippatos G, Hamm C, Head SJ, Juni P, Kappetein AP, Kastrati A, Knuuti J, Landmesser U, Laufer G, Neumann FJ, Richter DJ, Schauerte P, Uva MS, Stefanini GG, Taggart DP, Torracca L, Valgimigli M, Wijns W, Witkowski A. 2014 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2015 Feb;68(2):144.

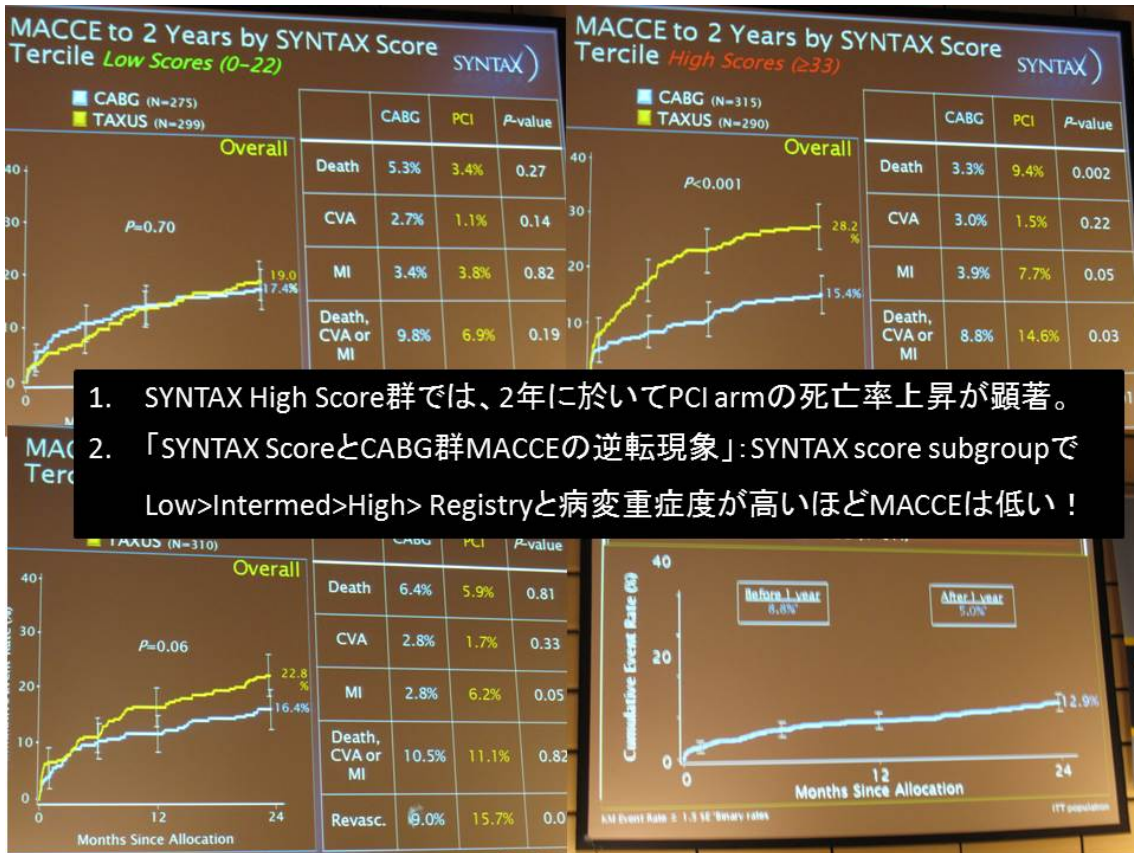
図 (パワーポイントより)

図 1、



<b>術後1年間は</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• CABG群は、薬物治療群より死亡率が高い。</li><li>• 手術侵襲による合併症や死亡の問題となる？</li></ul>	<b>オフポンプ手術による低侵襲化</b>
<b>CABGの効果は</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 術後1年から現れ、10年を超えて徐々になくなる。</li><li>• バイパスグラフトの劣化で効果減少？</li></ul>	<b>多枝動脈グラフトによる高品質化</b>

図 2、



1. SYNTAX High Score群では、2年に於いてPCI armの死亡率上昇が顕著。
2. 「SYNTAX scoreとCABG群MACCEの逆転現象」: SYNTAX score subgroupで Low>Intermed>High> Registryと病変重症度が高いほどMACCEは低い！



図 3、

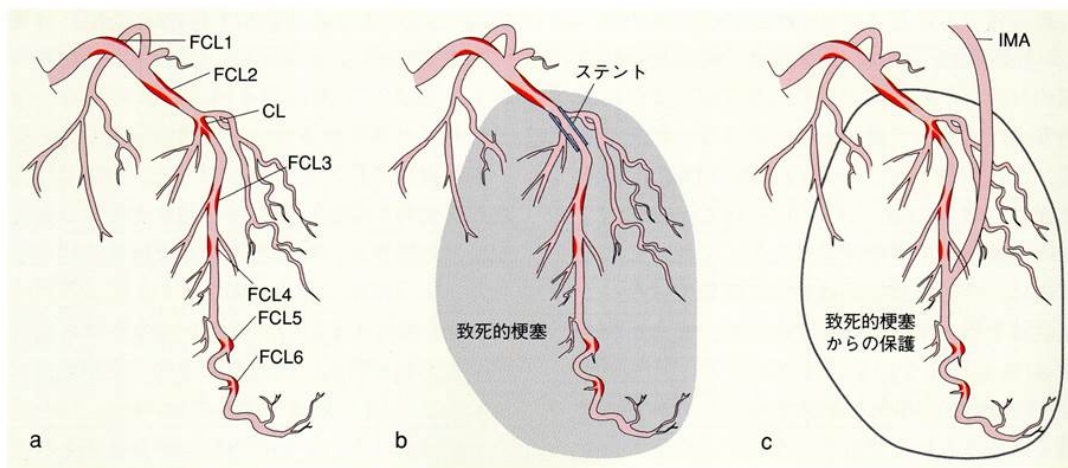
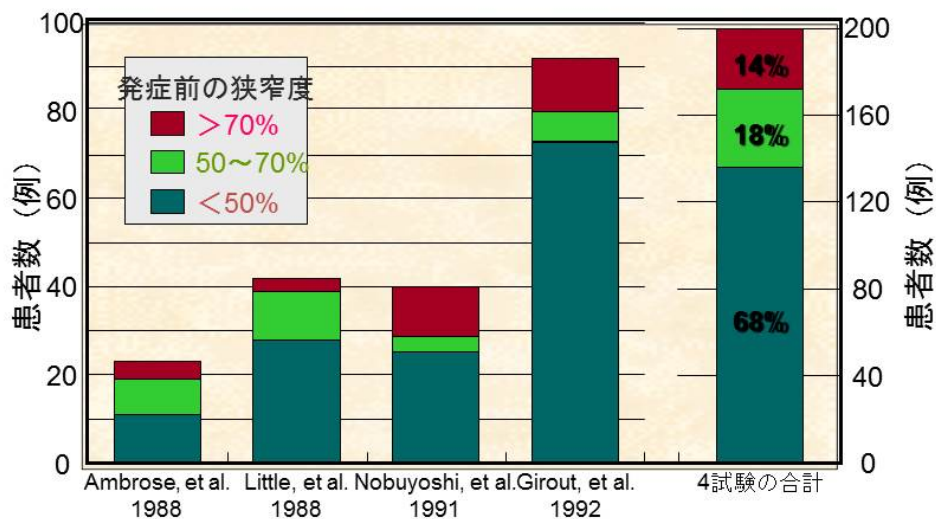


図 1 LAD 血行再建における PCI と CABG の比較

- a: 重症多枝病変や糖尿病症例では、高度狭窄病変 (culprit lesion; CL) のほかに、狭窄が有意でないまたはまったくないが将来閉塞しうる動脈壁硬化病変 (future culprit lesions; FCL) 1~6 が存在する。
- b: スtent留置によって完全に治療しても、遠隔期に FCL 閉塞は予防できない。特に近位部の FCL1, 2 の閉塞は、突然生じると致死的梗塞 (灰色の領域) となりうる。これらをさらにカバーする長い stent 留置は、血栓症リスクの増大と主要側枝灌流の問題がある。
- c: 内胸動脈 (IMA) バイパスを図のように行った場合、PCI と同様に遠隔期に FCL 閉塞は予防できないが、FCL1~4 の閉塞ではイベントは起きず、FCL5, 6 の閉塞では虚血部位は小さい。

図 4、

AMI発症をもたらす血管は  
大多数が狭窄度50%未満であった。



Falk E, et al. Circulation 1995;92: 657-71.

図 5、

## 冠動脈バイパス術(CABG)

総数 : 13,814

---

単独手術 : 9,707 (70%)(前年71%)

合併手術 : 4,107 (30%)(前年29%)

### 単独手術

---

初回待機手術 : 8,150

Off-pump : 5,136

On-pump : 3,014

(Off-pump率 : 63%)

(前年 : 68%)

初回待機手術以外 : 1,557

Off-pump : 795

On-pump : 762

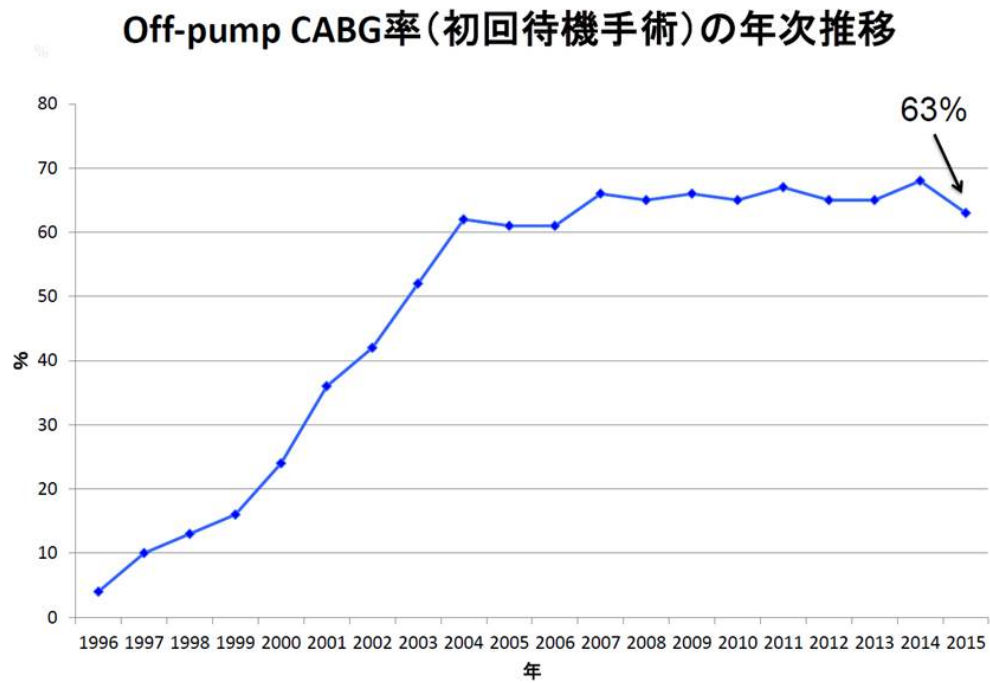
(Off-pump率 : 51%)

(前年 : 56%)

---

冠動脈外科全国アンケート調査結果2015より

図 6、



冠動脈外科全国アンケート調査結果2015より

☒ 7、

## ESC/EACTS Guidelines

### Procedural aspects of CABG

Recommendations	Class <sup>a</sup>	Level <sup>b</sup>	Ref. <sup>c</sup>
It is recommended to perform procedures in a hospital structure and by a team specialized in cardiac surgery, using written protocols.	I	B	635,636
Endoscopic vein harvesting should be considered to reduce the incidence of leg wound complications.	IIa	A	577,578,580–582,637,638
Routine skeletonized IMA dissection should be considered.	IIa	B	586–589
Skeletonized IMA dissection is recommended in patients with diabetes or when bilateral IMAs are harvested.	I	B	586–589
Complete myocardial revascularization is recommended.	I	B	594,598,600
Arterial grafting with IMA to the LAD system is recommended.	I	B	602,603,639
Bilateral IMA grafting should be considered in patients <70 years of age.	IIa	B	165,606–610,640,641
Use of the radial artery is recommended only for target vessels with high-degree stenosis.	I	B	618,642
Total arterial revascularization is recommended in patients with poor vein quality independently of age.	I	C	-
Total arterial revascularization should be considered in patients with reasonable life expectancy.	IIa	B	643
Minimization of aortic manipulation is recommended.	I	B	442,644
Off-pump CABG should be considered for subgroups of high-risk patients in high-volume off-pump centres.	IIa	B	626,627,629
Off-pump CABG and/or no-touch on-pump techniques on the ascending aorta are recommended in patients with significant atherosclerotic disease of the ascending aorta in order to prevent perioperative stroke.	I	B	443
Minimally invasive CABG should be considered in patients with isolated LAD lesions.	IIa	C	
Electrocardiogram-triggered CT scans or epi-aortic scanning of the ascending aorta should be considered in patients over 70 years of age and/or with signs of extensive generalized atherosclerosis.	IIa	C	-
Routine intraoperative graft flow measurement should be considered.	IIa	C	-

☒ 8、

### How to expose the whole surface of the heart

1. Trendelenberg position for adequate preload maintenance.
2. Two deep pericardial traction sutures. (next to IVC and below LIPV)
3. Moist Laparotomy pad (towel) into oblique pericardial sinus.

These manuevors make the heart naturally verticalized!

