

OPCAB における heart stabilization の technique

荒井 裕国

Arai H: **Technique of heart stabilization for OPCAB.** J Jpn Coron Assoc 2005; 11: 158-162

I. はじめに

1990年代後半以降に開発された各種デバイスの登場により, off pump CABG (OPCAB) での冠動脈吻合の quality が飛躍的に向上し, 今日の普及をもたらした. 2004年の日本冠動脈外科学会のレジストリーによると, 本邦では OPCAB が全 CABG 手術の 60% を超え, 日本は世界一の OPCAB 先進国となっている. このように, 最近では多枝 OPCAB がスタンダードな手術となりつつあるが, その手術テクニックは外科医によってかなり異なる. 本稿では, OPCAB における heart stabilization に用いる最近のデバイスの特徴および使用法と, 現在, 筆者が実践している heart stabilization のテクニックについて述べる.

II. スタビライザーとハートポジショナー

いかに良好な静止視野を確保するかが, 心拍動下での冠動脈吻合の成功の鍵である. 標的冠動脈の stabilization は, ポジショナーを用いた心臓のポジショニングと吸引型スタビライザーを用いた局所心拍動の静止化という 2 つの要素によって決まる.

1. 吸引型スタビライザー

1990年代後半に MIDCAB 用の圧迫式スタビライザーが開発され¹⁾, off pump での冠動脈吻合の開存率が飛躍的に向上し²⁾, その後の胸骨正中切開による多枝 OPCAB の普及につながった. 現在では, 圧迫式スタビライザーに代って, より静止精度に優れた吸引式スタビライザー³⁾ が主流となっている.

a. 吸引式スタビライザーの基本的装脱着法

開胸器への固定位置とアームのカーブの描かせ方にこだわることで, 吻合のしやすさに影響する. まず, 標的冠動脈の位置・胸郭の深さ・心臓の大きさ・ハートポジショナーの取付け位置に応じて, 開胸器への固定位置を決める. 次に術者の手の動かし方のくせと助手のグラフトの取り回しをイメージして, できるだけ広い作業スペースが確保できるようにアームのカーブを決める. 視野を展開するために

スタビライザーで心臓を押ししたり牽引したりするのではなく, ハートポジショナーや心膜牽引糸で標的冠動脈を十分に視野展開した上で, 心表面を優しく吸着固定する. 左回旋枝の視野出しで, スタビライザーで心表面を強く押し過ぎると, 心外膜の裂傷を起こすことがあるので注意すべきである.

最近のモデルでは, 吸着面がマリアブルな材質となっているので, 心表面の曲率に合わせて吸着面の曲率と捻れを調整し, しっかりと密着させる (図 1). 吸引音が聞こえるときは部分的に密着していないので, いったん外して曲率や捻れを微調整する. 標的冠動脈の近くに分枝がある場合は, 枝の走行に合わせて吸着面をハの字に広げるように変形させて分枝を避け, 冠動脈を直接吸引しないようにする. 不十分な吸着で吻合を始めて吻合に熱中しているうちに, 縫いにくいので気が付いたらスタビライザーが外れていた, という事のないように吻合前に安定した吸着操作を行っておくべきである.

スタビライザーの安全な外し方は, 先にアームを緩めてから次に吸引を解除することである. 吻合が終わるとつい安心して先に吸引を外したくなるが, 逆にすると硬いアームが心拍動で心表面や吻合部を損傷し得るのでやめたほうが良い.

吻合部へのフィブリン糊の塗布は, 必ずスタビライザーを外してからにする. フィブリン塊がスタビライザーの吸着面を目詰まりさせて吸着力が低下し, 次の吻合に差し支える.

b. スタビライザー選びのポイント

1) アーム

1. 剛性; 固定の際に心拍動に負けて曲がらないか
2. 自由度; カーブの形が自在に変形できるか
3. 細さ; 過ぎないか
4. 開胸器との相性; 開胸器を選ばずに装着できるか, 専用の開胸器が必要か

2) 吸着部

1. 静止能力; 3次元 (x, y, z 軸方向) な心表面の動きを完全に静止できるか
2. 変形能; 吸着面がマリアブルで密着性が良く, 心表面の曲率, 冠動脈の走行に合わせて吸着面を変形で

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科心肺機能外科 (〒113-8519 東京都文京区湯島 1-5-45)

きるか

3. 大きさ；プロファイルが低く吻合の妨げにならないか
4. 首振り具合；アームと吸着部位との接続部の首振り角度の自由度があるか

3) 価格

アームと一体型の完全デバイス製品は、単品の価格が高い。一方、先端部分のみデバイス製品は、単品の価格は安い。専用アームないし開胸器を別途購入の必要がある。ディスポーザブルのスタビライザーは、本来1回のみ使用が原則であり、再使用は慎むべきである。再滅菌での安全性は保証されず、再使用を繰り返すとアームの劣化が起こり、スタビライザーの基本性能である静止能力が低下する。

2. ハートポジショナー

2000年代初頭における心尖部吸引型ハートポジショナーの登場によって、OPCABによる全冠動脈領域への再現性あるアプローチ法が確立された⁴⁾。現在、最も代表的なポジショナーは、Starfish™ (Medtronic社製)である(図2)。吸引カップを心尖部に吸着させて心臓の向きを自在にコントロールし、付属のアームを開胸器に固定し、心尖部を術野の任意の3次元的定点に固定するデバイスである。吸引カップとアームのジョイントは可動性があり、心収縮による心尖部の短軸方向の回転運動は妨げない。これによって、下壁・側壁のすべての冠動脈を術者が吻合可能な位置に移動させることができる。

しかし、心尖部吸引型のハートポジショナーは、

- 1) アームが視野の妨げとなる
- 2) 心表面の1点で固定されているために引き過ぎると外れたり心外膜損傷をきたし得る



図1 吸引型スタビライザー：ACROBAT™ Stabilizer (GUIDANT社製)
スタビライザーの吸着面がマリアブルで、曲率・捻れを心表面に合わせて調整でき、アームと吸着部位との接続部の首振り角度の自由度が大きい。

- 3) 心尖部の長軸方向の運動が制限される
- 4) 価格が高い

等の問題点があった。そこで、これらの問題点を克服するために、新しい分散型多方向性ハートポジショナー：Tentacles (住友ベークライト社製)を企業と共同開発し、2005年7月より市販化されるに至った(図3)⁵⁾。このポジショナーの特長は、吸引ポイントを最大3箇所分散させていることによって自由な方向に牽引できることにある。複数の吸引カップを採用したことにより、総吸着面積が広くなり、システム全体としての吸着力が向上した(図4, 5)。吸着面の特殊な形状により、心尖部のみならず側壁・下壁な

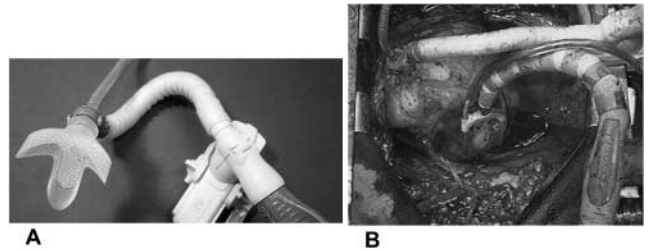


図2 (A) 心尖部吸引型ハートポジショナー：Starfish™ (Medtronic社製)
(B) 心尖部吸引型ハートポジショナーと吸引型スタビライザーの組合せによる心臓後側の視野展開。心臓は倒立位となり、2本のアームが術野を交錯する。

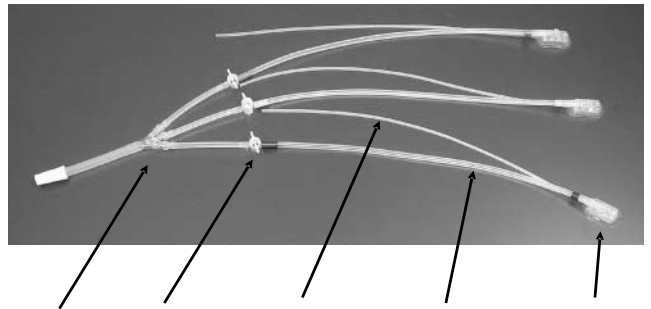


図3 本邦で開発された新しい分散型多方向性ハートポジショナー：Tentacles (住友ベークライト社製)



図4 Tentaclesの吸引カップ形状

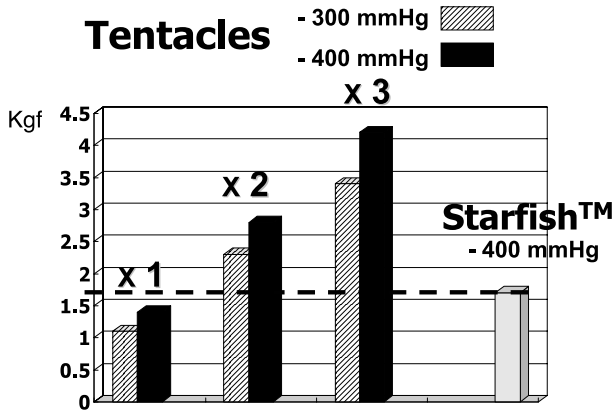


図5 牽引による外れ荷重の比較
Tentacles 単体では Starfish™ の吸着力に劣るが、2 個以上の吸引カップを使用すると、-300 mmHg においても Starfish™ の吸着力を上回る。

ど心表面のあらゆる部位に吸着できるため、自由度の高い視野展開法の工夫ができる。適度な弾力性のあるシリコン製の牽引用チューブで牽引するため、短軸方向のみならず長軸方向の心拍動も維持される。また、アームがないことで廉価にもなっている。

III. 各冠動脈領域における heart stabilization のテクニック

まず、デバイスの使用法の前に、心膜切開法について述べる。心膜は、逆さ T 字型に切開し、左側心膜を心尖部に至るまで大きく切開する。右側心膜は、下縁は横隔膜附着部から下大静脈方向へ切開し、上縁も上大静脈近傍まで切り込んで右側心膜を弛緩させる。これによって心臓の脱転時に右室が圧迫されないようにする。右開胸は必ずしも必要ではない。心膜の吊り上げは、右側には一切行わない。左側も吊り上げないことが多いが、心臓が大きくて著しく左側に位置している場合は、左心膜切開縁から約 4~5 cm 左側に牽引糸 2, 3 本をかけて、これを牽引すると心臓の位

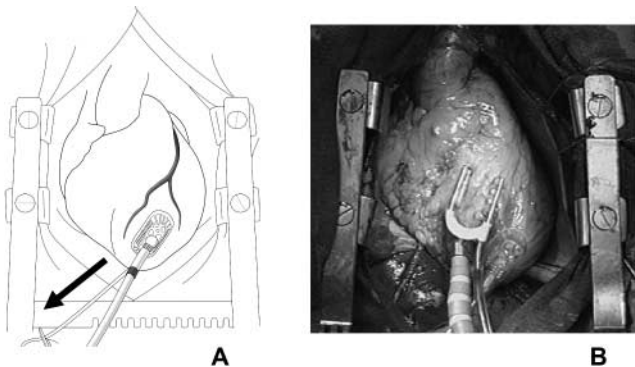


図6 LAD の基本的な stabilization

(A) Tentacles の吸引カップ 1 個で心尖部を右下方に牽引。
(B) スタビライザーを開胸器の左下方に固定してアームは下方から上方へ向かわせる。

置を全体に右側に移動できるので、併用しても良い。ただし、LIMA suture のような深部心膜牽引糸は基本的にかけない。

以下にハートポジショナー (Tentacles) と吸引型スタビライザー (Acrobat) とを組み合わせた heart stabilization のテクニックを各冠動脈領域ごとに述べる。

1. 左前下行枝 (LAD)

1) LAD の基本的な stabilization (図6)

心尖部に Tentacles を 1 個吸着させて、これを右下方に牽引することで、心尖部が中央に変位し、LAD が視野の中央となる。スタビライザーは、開胸器の左下にかけてアームを下から上に向かわせて固定する。この際、アームはなるべく心表面近くを這わせるように設置することが重要で、前方に飛び出すように設置すると、吻合中に手が当たって邪魔である。

2) 分枝を含めた stabilization の工夫 (図7)

大きな対角枝が LAD に伴走しており、LAD に平行にスタビライザーを当てると対角枝にかかってしまう場合、スタビライザーをハの字状に広げて LAD と対角枝とをまとめて固定する。この際、スタビライザーは、開胸器の左上方に固定して、アームは上方から下方に向けてカーブさせる。

3) 心機能低下症例における LAD の stabilization (図8)

心機能の悪い症例では、左室を圧迫したり左室形態に歪みを作らないような視野展開法の工夫が必要である。Tentacles を右室の表面にハの字型に吸着させて、これを患者の右側へ上下方向に斜めに牽引し、術野ドレープにペアンで固定すると左室に non-touch で LAD を視野の中央に移動させることができる。吸引型スタビライザーで心表面を吸い上げるように吸着させて左室を後方に圧迫しないように固定する。



図7 分枝を含めた stabilization の工夫

LAD に対角枝が伴走しており、スタビライザーの吸着面をハの字に変形させて密着させている。

2. 左回旋枝 (OM・PL) (図9)

Tentaclesの吸引カップ2個を、心尖部と心基部の中間の左室側壁に、標的冠動脈に平行に吸着させる。この際、スタビライザーを当てる余裕を残しておく。Tentaclesの牽引用チューブを右上下斜め方向に牽引し、術野ドレープにペアンで固定する。スタビライザーは、開胸器の右側に固定し、アームは前方に突出しないようなカーブを描かせ

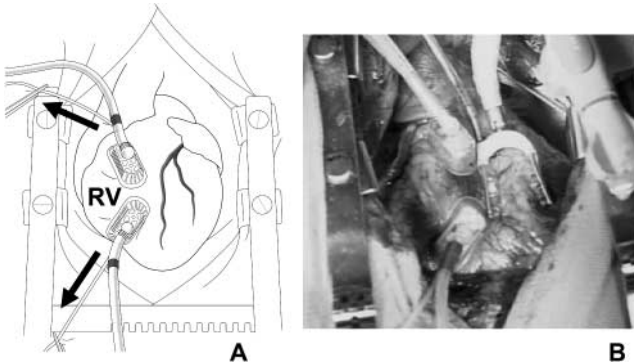


図8 心機能低下症例におけるLADのstabilization
(A) Tentaclesの吸引カップ2個を右室(RV)前壁に吸着させて右上下方向にハの字に牽引し、左室をnon-touchで展開。
(B) スタビライザーを開胸器の左上方に固定して、アームのカーブを上方から下方に向け左室表面を吸い付けるように固定。

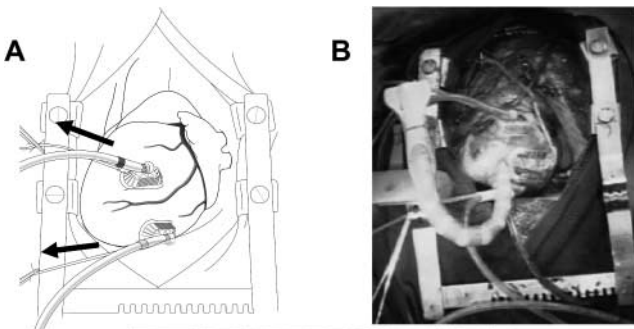


図9 左回旋枝(OM・PL)のstabilization
(A) Tentaclesの吸引カップ2個を左室側壁に吸着させ、右側にハの字方向に牽引。
(B) PLの視野展開におけるポジショナーとスタビライザーの全体の位置関係を示す。アームが1本のみで3次元的な作業空間が広い。
(C) 心尖部の右半分は右胸骨下に隠れて心臓後側壁が術野の水平面に近い角度で展開されており、左肺静脈・房室間溝までも視野に入る。左心膜は吊上げていないため、心臓後面が落ち込んで心嚢内に広い作業空間が確保されている。

て固定する。Tentaclesの牽引用チューブは、3次的にスタビライザーのアームよりも心表面に近い位置にあるため、心尖部吸引型ポジショナーのアームのように空間を占有せず、したがって広い作業空間が確保できる。この際、左側心膜をあえて吊り上げないでよく、ポジショナーで心臓を脱転させた際に、左後側方の心膜が背側に落ち込んで、心嚢内にさらに広い作業空間が得られる。

3. 右冠動脈(RCA)本幹(図10)

Tentaclesの吸引カップ2個を、右室下壁とacute marginの右室脂肪織に吸着させて左上方に牽引し固定する。スタビライザーを開胸器の右上方に固定し、アームを上方から下方に向かわせて固定する。右本幹は太いため、十分に剝離して弾性テープを回して心表面から吊り上げることで、心拍動の影響を全く受けずに完全に静止化し得る。

4. RCA分枝(4PD・4AV)

1) 4PDのstabilization(図11)

4PDは、Tentaclesの吸引カップ2個を4PDの左側に直列で吸着させ、左上方に牽引固定することで心臓下面が斜

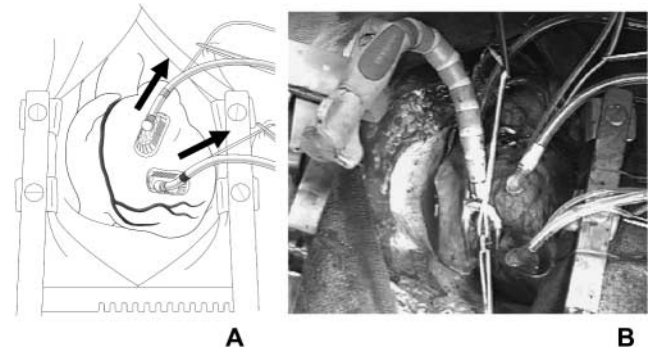


図10 右冠動脈(RCA)本幹のstabilization
(A) Tentaclesの吸引カップを右室下壁とacute marginの脂肪織にかけて、左上方に牽引。
(B) スタビライザーは開胸器の右上方に固定し、アームは上方から下方に向け固定する。RCA本幹は剝離して弾性テープで牽引すると心拍動の影響を受けない。



図11 右冠動脈分枝(4PD)のstabilization
(A) Tentaclesの吸引カップ2個を4PDの左側に直列に吸着させて左斜め上方に牽引。
(B) スタビライザーは開胸器の左下方に固定し、アームは上に凸なUターンを描かせる。

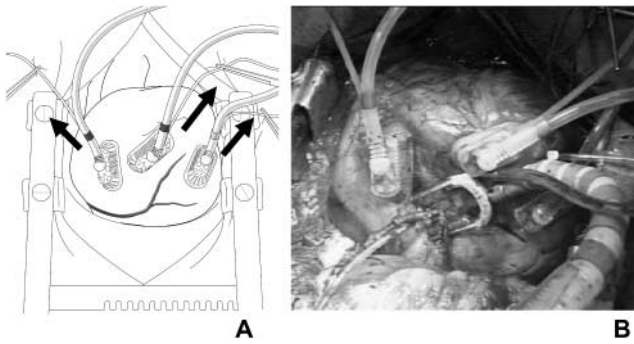


図 12 右冠動脈分枝（深い4PD・4AV）の stabilization
 (A) Tentacles の吸引カップ 3 個を右室下面と acute margin の脂肪織に吸着させて、3 方向に牽引。
 (B) スタビライザーは開胸器に左下方に固定し、アームは上に凸な U ターンを描かせる。

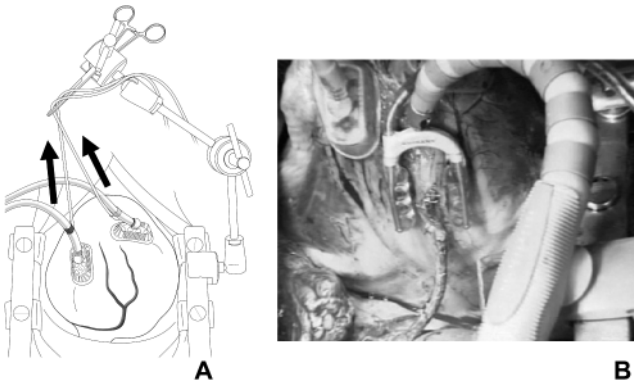


図 13 後側壁の深い位置にある冠動脈（補助アームを併用した心尖吊上げ法）の stabilization
 (A) Tentacles の吸引カップ 2 個を心尖部近傍に吸着させて心臓を吊り下げ、開胸器の左上に固定した補助アームを用いて手術台の天井方向に牽引し、心臓を倒立位に展開。
 (B) スタビライザーは開胸器の左下方に固定し、アームは上に凸な U ターンを描かせる。

めに挙上して、視野展開される。スタビライザーは開胸器の左下方に固定し、U ターンするようにカーブを描かせて 4PD を遠位側から固定する。この視野作りでは、ポジショナーもスタビライザーも術者の far side に集中するため、術者側の作業空間を妨げるものは一切ない。また、心臓下面が倒立位ではなく、斜めに展開されるため、吻合の際に #4PD の血管長が視認しやすく、心停止下での吻合とほぼ同じ視野での吻合が可能となる。

2) 深い 4PD と 4AV の stabilization (図 12)

Tentacles の吸引カップを、右室下壁に 2 個、acute margin の脂肪織に 1 個吸着させて右室下面を 3 点で牽引すると、心臓の後側面がさらに展開され、4AV 領域までの吻合

が可能になる。

5. 後側壁の深い位置にある冠動脈（補助アームを併用した心尖吊上げ法）(図 13)

Tentacles の吸引カップを 2 個、心尖部に近い位置に吸着させ、牽引用チューブをペアン鉗子で掴み、補助アームを用いて術野の天井に向かって心臓を吊り上げ固定すると、心尖部吸引型ハートポジショナーに類似した心臓倒立位での視野展開が可能になる。Tentacles の吸着力は心尖部吸引型ポジショナーよりも強力であるため、重い心臓でも安全に牽引できる。この際、吸着部位に脂肪織の少ない部位を選択することで、心外膜裂傷を回避し得る。スタビライザーは開胸器の左下方に固定し、U ターンするようにアームを固定して標的冠動脈を静止させる。

IV. 結 語

最新のハートポジショナーとスタビライザーを用いた、全冠動脈領域における再現性のある安定した heart stabilization の方法を述べた。ただし、これはあくまでも現時点において筆者が推奨する最適な技法であり、OPCAB デバイスは今後もさらに進化し続けることが予想され、それに伴って手術テクニックも更新され続けなければならない。OPCAB のエキスパートを志す外科医は、手術の定型化にとらわれることなく、常に最新のデバイスの特徴を十分に理解して、最適と思われるテクニックを追及し続ける柔軟な姿勢を持ち続けることが、最も重要であると考えられる。

文 献

- 1) Boonstra PW, Grandjean JG, Mariani MA: Improved method for direct coronary grafting without CPB via antrolateral small thoracotomy. *Ann Thorac Surg* 1997; **63**: 567-569
- 2) Calafiore AM, Vitolla G, Mazzei V, Teodori G, Di Giammarco G, Iovino T, Iaco A: The LAST operation: techniques and results before and after the stabilization era. *Ann Thorac Surg* 1998; **66**: 998-1001
- 3) Borst C, Jansen EW, Tulleken CA, Gründeman PF, Mansvelt Back HJ, van Dongen JW, Hodde KC, Bredée JJ: Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass and without interruption of native coronary flow using a novel anastomosis site restraining device ("Octopus"). *J Am Coll Cardiol* 1996; **27**: 1356-1364
- 4) Dullum MK, Resano FG: Xpose™: a new device that provides reproducible and easy access for multivessel beating heart bypass grafting. *Heart Surg Forum* 2000; **3**: 113-118
- 5) Arai H, Mizuno T, Yoshizaki T, Itoh F, Tanaka H, Sunamori M: Multi-vessel OPCAB using a new multi-suction cardiac positioner. *ISMICS 5th Annu Meet* 2005; 164