左内胸動脈採取法および基本術式が冠動脈吻合部形態に あたえる影響について

山崎 元成^{1,2}, 小池 裕之³, 廣瀬 仁⁵, 山本 平¹, 丹原 圭一⁴, 稲葉 博隆¹,
桑木 賢次¹, 新浪 博³, 田端美弥子³, 菊地 慶太⁶, 岩村 弘志⁷, 天野 篤¹

pedicle 法, skeletonize 法の採取法が左内胸動脈-左前下行枝の吻合に与える影響に関し, グraft 流量, 術後造影から吻合部形態, 吻合部狭窄率の比較検討を行った. pedicle 法 216 例 (P 群), skeletonize 法 (S 群) 118 例を比較検討した. 術後造影では FitzGibbon grading system による吻合部形態, および graft の中腹径, 吻合部径, 吻合部冠動脈近位側径, 遠位側冠動脈径, heel 部径, heel 側狭窄率を測定した. Graft 流量では P 群で有意に高かった. Graft の中腹径は P 群で有意に大きかったが, 吻合部径は S 群で有意に大きかった. Heel 側狭窄率には有意差を認めなかった. FitzGibbon grading system による吻合部形態の比較では両群間に差を認めなかった. 閉塞率は P 群に比較して S 群で有意に高かったが, 術者を 1 人に限定すると, 閉塞率, 吻合の質に差はなかった. pedicle 法, skeletonize 法による左内胸動脈-左前下行枝の吻合の遠隔期成績はともに良好であった. skeletonize 法による吻合では閉塞率が, pedicle 法にくらべて高かったが, 習熟により改善するものと考えられた.

KEY WORDS: coronary artery bypass grafting

Yamasaki M, Hirose H, Koike H, Yamamoto T, Tambara K, Inaba H, Kuwaki K, Niinami H, Tabata M, Kikuchi K, Iwamura H, Amano A: **Fate of anastomosis of the internal thoracic artery grafts after coronary bypass grafting. Comparison harvesting methods which was harvested pedicle or skeltonized.** J Jpn Coron Assoc 2012; 18: 1-6

I. はじめに

心拍動下冠動脈バイパス手術 (OPCAB; off pump coronary artery bypass grafting) による冠動脈バイパス手術 (CABG; coronary artery bypass grafting) の比率が高くなり, 早期成績のみならず OPCAB の遠隔期成績についても報告がなされるようになってきた³⁾. また, 手術成績については Graft の開存率のみならず, 吻合の質についても遠隔期成績が報告されている^{4,5)}.

われわれの施設においても, 2002 年以降は CABG の基本術式が体外循環使用心停止下冠動脈バイパス術 (C-CABG; conventional coronary artery bypass grafting) から OPCAB に, LITA の採取が pedicle 法から skeletonize 法に, 変更になった.

採取法が遠隔期の Graft 径, 吻合部位の quality に与える影響については, これまで報告がなく, 今回自験例をもとに調査を行った.

II. 対 象

1984 年 4 月から 2008 年 12 月に当科で左内胸動脈 (left internal thoracic artery; LITA) - 左冠動脈前下行枝 (left anterior descending coronary artery; LAD) の吻合が行われた冠動脈バイパス術 (coronary artery bypass grafting; CABG) 約 3000 例のうち, コンピューター解析 (Cardio-Agent, Toshiba) が可能な術後造影が施行された 334 例を対象とした.

両群間の術前因子として, 年齢, 性別, 家族歴 (狭心症, 心筋梗塞), 喫煙, 高脂血症, 糖尿病, 腎機能障害 (Crn > 1.5 mg/dl 以上), 血液透析, metabolic syndrome (本診断基準では, 必須項目となる内臓脂肪蓄積 (内臓脂肪面積 100 cm² 以上) のマーカーとして, ウエスト周囲径が男性で 85 cm, 女性で 90 cm 以上を「要注意」とし, そのなかで, 1) 血清脂質異常 (トリグリセリド値 150 mg/dl 以上または HDL コレステロール値 40 mg/dl 未満), 2) 血圧高値 (最高血圧 130 mmHg 以上または最低血圧 85 mmHg 以上), 3) 高血糖 (空腹時血糖値 110 mg/dl) の 3 項目のうち 2 つ以上を有する場合をメタボリックシンドロームと診断する, と規定した), 身長 (cm), 体重 (kg), BMI (body mass index; kg/m²) を表 1 に示す.

CABG の術式は 1984 年から 2002 年前半までは C-CABG, Graft 採取法は電気メスによる pedicle 法で総数 2400

¹ 順天堂大学心臓血管外科 (〒 113-8431 東京都文京区本郷 3-1-3),

² 総合東京病院心臓血管外科, ³ 埼玉医科大学国際総合医療センター心臓血管外科, ⁴ 順天堂大学静岡病院心臓血管外科, ⁵ Division of Cardiothoracic Surgery, Thomas Jefferson University, Philadelphia, USA, ⁶ 大和成和病院心臓血管外科, ⁷ 小張総合病院心臓血管外科

(2008.03.08 受付, 2010.04.03 受理)

表1 両群術前因子

変数	P 群 (n=216)	S 群 (n=118)	p 値
年齢	69.1±7.7	68.3±8.1	0.02
男性	199 (92%)	90 (76%)	0.0001
家族歴	71 (33%)	34 (29%)	0.49
喫煙	151 (70%)	62 (53%)	0.003
高脂血症	164 (76%)	81 (69%)	0.21
糖尿病	95 (44%)	58 (49%)	0.31
腎機能障害	32 (15%)	21 (18%)	0.44
人工透析	14 (7%)	9 (8%)	0.66
Metabolic syndrome	113 (52%)	37 (31%)	0.0003
身長(cm)	163±7	161±8	0.003
体重(kg)	64±10	61±12	0.001
BMI* (kg/m ²)	24±3	24±3	0.16

*BMI: body mass index

例, 2002 年後半からは術者の変更に伴い OPCAB, グラフト採取法は超音波メスによる skeletonize 法が基本術式になった。しかし, 左前小開胸低侵襲冠動脈バイパス術 (minimally invasive coronary artery bypass; MIDCAB) のグラフト採取はすべて従来どおりの電気メスによる pedicle 法で施行されている。

このため, 手術からカテーテル検査までの平均観察期間は pedicle 法が 13.8±11.6 年と長く, skeletonize 法は 1.9±2.7 年と短かった ($p<0.05$)。

III. 方 法

P 群 216 例 は 208 例 が C-CABG, MIDCAB が 8 例 であった。P 群のうち, 主たる術者による症例は 184 例 (85%) であった。

体外循環は中等度低体温であった。Pedicle 法は電気メス出力 15, 枝処理は ligacip (Ethicon, Inc) で行われた。採取後のグラフトには塩酸パパベリンでぬらしたガーゼで保護した。

S 群 118 例は OPCAB 109 例, C-CABG 9 例であった。

S 群のうち, 主たる術者による症例は 79 例 (58%) であった。

Skeletonize 法は, Harmonic Scalpel (Ethicon Endo-Surgery Inc., Cincinnati, OH) を level 2 で使用し, full skeletonize 法で採取し, 採取後のグラフトには PDE III 阻害剤であるオルプリノン (コアテック) 2 倍希釈をグラフト内に約 1.5 ml 注入し, 外部は塩酸パパベリンガーゼで保護した。

術中のグラフト流量は 2002 年前半までは日本光電社製電磁血流計, それ以降は Medi-Stim 社製 VQ2011 超音波トランジットタイムドプラー血流計 (Norway Oslo) を使用して, 流量以外に PI (pulsatile index), DF (diastolic filling) を同時に測定した。

Cardioagent (東芝社製, 画像解析装置) に保存された画像から, 左内胸動脈および冠動脈左前下行枝, および吻

図1 吻合部分模式図

a: グラフト中腹短軸径 (mm), b: グラフト heel 短軸径 (mm), c: 吻合部長軸径 (mm), d: 冠動脈吻合部近位部短軸径 (mm), e: 冠動脈吻合部遠位部短軸径 (mm). Heel 狭窄率は b/a (%) とした。

合部を 2 方向から観察し, LITA と LAD が重ならない画像を選択して計測を行った。

術後造影では FitzGibbon grading system (FitzGibbon 分類) により, 吻合部形態を grade A (good; グラフトもしくは冠動脈吻合部狭窄 50% 未満), grade B (fair: グラフトもしくは冠動脈吻合部の狭窄 50% 以上), grade O (閉塞) に分類した^{1,2)}。また項目として, グラフトの中腹径 (a), 吻合部冠動脈近位側径 (d), 遠位側冠動脈径 (e), LITA heel 部径 (b) を測定した。吻合の技術的な問題として生ずる heel 狭窄 (図 1) に関しては, heel 部分狭窄率を b/a として算出した。また, string sign は, FitzGibbon 分類のどれにも含まれないため, 別に発生率を比較した。屈曲やつりあがり現象は別に発生率を比較した (図 2, 3)。

技術的要因を同じにするために, 両群で主たる術者を 1 名に限定した場合の, 術中術後因子, FitzGibbon 分類および string, グラフトの屈曲, つりあがりの発生頻度の比較検討を行った。

計測値の記載は, 平均±標準偏差とし, 統計ソフトは Statview 5.0 を用い, 2 群間の検定には Student's t 検定およびカイ二乗検定を用い, $p<0.05$ をもって有意差ありとした。

IV. 結 果

術前因子については P 群で S 群に比して年齢が高く, 男性, 喫煙, metabolic syndrome の比率が有意に高く, 身長 (cm), 体重 (kg) も有意に高値であったが, 高脂血症, 糖尿病, 腎機能障害の合併頻度, 人工透析施行例数および body mass index には差を認めなかった (表 1)。

1. 術者を限定しない場合の pedicle graft と skeletonize graft の比較 (表 2)

術中測定されたグラフト流量は P 群 50.8±38.0 ml/min,

図2 Skeletonize グラフトにおける部分屈曲(同一症例の右前斜位像(左)と左前斜位像)
蛇行している部分(右)においてスリットがあり屈曲(左)している。

図3 Pedicle グラフトにおけるつりあがり現象
遠隔期において、吻合部がグラフトによって吊り上げられている。

表2 術中(流量), 術後造影所見の比較

変量	P 群 (n=216)	S 群 (n=118)	p 値
グラフト流量(ml/min)	50.8±38.0	34.5±19.6	0.002
グラフト中腹部径(a: mm)	2.20±0.48	1.89±0.41	0.0001
グラフト heel 側径(b: mm)	1.76±0.52	1.69±0.49	0.04
吻合部径(c: mm)	2.93±1.18	3.25±1.97	0.009
冠動脈近位側径(d: mm)	1.49±0.53	1.40±0.43	0.005
冠動脈遠位側径(e: mm)	1.64±0.40	1.55±0.36	0.03
Heel 側狭窄率(%)	19±15	17±18	0.14
FitzGibbon A	186 (86.1%)	90 (76.3%)	0.02
FitzGibbon B	16 (7.4%)	14 (11.9%)	0.17
FitzGibbon O	2 (0.9%)	5 (4.3%)	0.04
String	11 (5.6%)	9 (7.6%)	0.35
屈曲	2 (0.9%)	2 (1.7%)	0.53
つりあがり	2 (0.9%)	0 (0%)	0.2

S 群 34.5±19.6 ml/min で P 群で有意に高かった。なお S 群の血管抵抗の指標である pulsatility index (PI) は 2.8±1.3, DF は 71.4±12.4% と良好であった。

グラフトの中腹径(a)は P 群 2.20±0.48 mm, S 群 1.89±0.41 mm, グラフト heel 径(b)は P 群 1.76±0.52 mm, S 群 1.69±0.49 mm, P 群で有意に高値を示したが、逆に吻合部径(c)は P 群 2.93±1.18 mm, S 群 3.50±1.97 mm と S 群で有意に高値であった。近位側冠動脈径(d)は P 群 1.49±0.53 mm, S 群 1.40±0.43 mm, 遠位側冠動脈径(e)は P 群 1.64±0.40 mm, S 群 1.55±0.36 mm で、いずれも P 群で有意に高値であった。heel 側狭窄率に関しては、P 群 19±12%, S 群 17±18% でいずれも有意差を認めなかった(表2)。

FitzGibbon 分類による吻合部形態の比較では、P 群は FitzGibbon 分類 A (50% 未満の狭窄) が 186 例 (86.6%), FitzGibbon 分類 B (50% 以上の狭窄) 16 例 (7.8%) であった。S 群では FitzGibbon 分類 A が 90 例 (76.0%), FitzGib-

bon 分類 B が 14 例 (11.8%) であった。P 群の方が、S 群に比較して、FitzGibbon 分類 A の比率が有意に高かったが、FitzGibbon 分類 B に関しては、両群に有意差はなかった。閉塞は P 群 2 例 (1.0%), S 群 5 例 (4.2%) で S 群に多かった(表2)。

FitzGibbon 分類で grade B になった症例は、ともに heel side の狭窄が原因であった。

String 現象は P 群 12 例 (5.1%), S 群 9 例 (7.6%), 屈曲は P 群 2 例 (0.9%), S 群 2 例 (1.7%), つりあがり現象は P 群 3 例 (0.9%), S 群 0 例 (0%) で、いずれも両群間に有意差を認めなかった。また、吻合された冠動脈径(d, e)に関しては、P 群に比較して S 群において有意に細かった。

2. 術者を限定した場合の pedicle graft と skeltonize graft の比較(表3)

また、主たる術者どうしの比較では、術者を限定しない場合とほぼ同様、グラフト流量は、P 群 48.4±33.7 ml/min,

表3 術中(グラフト流量), 術後造影所見の比較(術者を限定した場合)

変数	P 群(n=184)	S 群(n=79)	p 値
グラフト流量(ml/min)	48.4±33.7	31.8±19.6	0.004
グラフト中腹部径(a: mm)	2.22±0.47	1.93±0.42	0.0001
グラフト heel 側径(b: mm)	1.78±0.50	1.68±0.47	0.13
吻合部径(c: mm)	2.90±1.17	3.50±1.91	0.006
冠動脈近位側径(d: mm)	1.52±0.52	1.34±0.39	0.02
冠動脈遠位側径(e: mm)	1.65±0.39	1.49±0.37	0.005
Heel 側狭窄率(%)	19±15	13±19	0.001
FitzGibbon A	169(91.8%)	64(81.0%)	0.01
FitzGibbon B	15(8.2%)	8(10.1%)	0.6
FitzGibbon O	0(0%)	1(1.3%)	0.13
string	7(3.8%)	6(7.6%)	0.19
屈曲	2(1.1%)	1(1.3%)	0.9
つりあがり	3(1.6%)	0(0%)	0.25

S 群 31.8±19.6 ml/min, グラフト中腹径(a)も P 群で有意に太かった。しかし S 群の PI, DF はそれぞれ 3.1±1.4, 74.1±8.7% と良好であった。

heel 側狭窄率は P 群 19±15%, S 群 13±19% で S 群において有意に低く, また吻合部径(c)は S 群において有意に大きかった。

FitzGibbon 分類に関しても, 術者を限定しない場合と同様に FitzGibbon A の頻度が P 群で有意に高かったが, 閉塞率, FitzGibbon B, string, 屈曲, つりあがり現象の発生に関しては両群間に差を認めなかった。

吻合された冠動脈径(d, e)に関しては, 術者を限定しない場合と同様に, S 群で有意に細かった。

V. 考 察

左内胸動脈の採取法は, 従来の電気メスとクリップによる pedicle 法から, 枝の切離が簡便な超音波メスによる full skeletonize 法に変遷しつつある。

Skeletonize 法は pedicle 法よりも鎖骨下動脈起始部付近までの剝離が可能で, 曲線化したグラフトを直線化し, および全長にわたって吻合が可能な状態で, 使用できるなどの利点がある。

このため, pedicle 法では難しい sequential bypass や long only 法などの高度なグラフトデザインが可能になる。

当施設でも, ITA 採取は 2002 年前半までは pedicle 法であったが, 術者の変更により 2002 年後半からはほぼ全例が full skeletonize 法に, 基本術式も C-CABG から OPCAB に完全に変更された。これら基本術式の変化により, ICU 滞在日数, 在院日数の短縮, 術後合併症の減少など術後経過の改善がもたらされた。今回われわれは, 中期, 長期の予後を左右する LITA-LAD のバイパスについての調査を retrospective study として行い, 異なる採取法(P 群, S 群)で比較検討を試みた。

術前因子に関しては, P 群では高齢, 男性, 喫煙率, メ

タボリック症候群の比率が高かったが, そのほかのリスクは両群で差はなかった。

身長, 体重に関しては P 群で有意に体格が大きかったが, body mass index は差を認めなかった。

術中の LITA の流量測定に関しては P 群でグラフト流量が多かった。

しかし, 使用した流量計は P 群は電磁血流計, S 群では超音波トランジットタイムドプラー血流計で, C-CABG と OPCAB では周術期の血行動態が異なることなど, これらの条件が異なることも流量に影響があったものと推測された。

S 群では PI, DF 値もグラフトの質の評価にしているため, 流量が低くても PI 値が 3 未満なら良好と考えている。実際 S 群の PI 値は 2.8±1.3 と 3.0 未満で, DF は 71.4±12.4% と 60% 以上あり, バイパスグラフトとして良好と考えられた。

術後遠隔期成績として, 術後造影の結果を比較すると, 開存率に関しては P 群 99%, S 群 96%(閉塞 5 例)であったが, S 群の閉塞 5 例のうち, 4 例は主たる術者以外による技術的問題, 1 例は native flow に対する flow 負けから生じた string が原因で, いずれも採取法には関係がないと考えられた。

P 群では採取時にはグラフトの外に塩酸パパベリンをかける程度であったため, 吻合時にはそれほどグラフトが拡張していなかった。また, 吻合時には体外循環や局所冷却のための ice slush のため, グラフトはさらに攣縮していた。このため, サイズが正常径より小さくなっている分, 吻合はできるだけ縫い代を薄く細かく運針する必要があった。

一方, S 群では, 吻合前になるべくグラフトを太くする工夫として, グラフトの takedown 後に内腔に PDE III 阻害剤を注入して自己圧で拡張させ, 超音波メスの cabitation によって生じる外膜周囲の組織を可及的に切除する

図4 Skeletonize グラフトにおける heel 側狭窄

などの処置を行っており、その結果、吻合前には、グラフトサイズは正常径程度あるいはそれ以上に拡張していた。

このため、S群では、その多くが OPCAB であったが、P群よりも太い分縫い代、および stitch の間隔を、大きく取ることが可能で、P群より吻合しやすい状態であったと考えられる。

このように、中等度低体温による従来の冠動脈バイパス術も、常温における OPCAB も、前者は細くなった状態を停止下で、後者はやや太めに弛緩した状態を拍動下で吻合した結果、遠隔期の heel 側の狭窄率は P群で $19 \pm 12\%$ 、S群で $17 \pm 18\%$ 、と差がなく、pedicle 法で採取したグラフトによる C-CABG でのこまかい吻合も、skeletonize 法により採取したグラフトによる OPCAB での大きめの吻合も、遠隔期の吻合形態には影響が少なかったと考えられた。

しかし、遠隔期での造影では、中腹径は P群 2.22 ± 0.47 mm、S群 1.89 ± 0.41 mm と、有意に P群のグラフト径が大きかった。このことは採取時に明らかに太く見えた S群のグラフトが、手術の影響がなくなった遠隔期では、両群とも手術の影響がなくなると、採取前のサイズに戻ることを示唆していた。遠隔期における内胸動脈グラフトの中腹径の差の原因としては、S群で体格(身長、体重)が小さかったこと、および吻合された冠動脈口径が、P群に比べて S群で有意に細かったことなども影響していると考えられた。

OPCAB は、症例数の増加により、その安全性が高まる⁶⁾との報告もあり、修練に関しては、100 例以上の症例を経験すれば、成績が向上することが報告されている⁷⁾。

当院における heel 狭窄例(図4)、閉塞例は、主たる術者以外の症例であった。

Heel の狭窄を回避するようになるには、個々の経験や工夫が必要であり、その know how は各施設でまちまちである。当院では、吻合部がつま先上がりにならないように、なるべく冠動脈の走行曲線と LITA の走行曲線が平行になるように吻合し、冠動脈に対する LITA の stitch 間隔を 1.5 倍にする、heel 側の ITA の運針を内外にして ITA の外膜を巻き込まないようにするか、また吻合後に heel の狭窄の原因になっている外膜を剥離切除するなどの工夫を行っている⁸⁾。

川上、妹尾らのように ITA の heel の運針が直線状にならないなどの工夫が必要と考えられ⁹⁾、新浪らのように、はじめから側側吻合で縫う方法は heel の形を崩さない優れた方法と思われる¹⁰⁾。

これら吻合技術の改善のためには、ある程度までは従来の体外循環使用心停止下の CABG で、技術的な習熟を行っただけで、適切な指導者のもとで OPCAB を始めるべきと考えられる。

今回のわれわれの研究では、遠隔期の P群 C-CABG による LITA-LAD の吻合の質は、中期成績としての S群 OPCAB の成績とほぼ同等であると考えられた。

VI. 結 語

Harmonic scalpel の導入以前に行われていた skeletonize 法はすでに左内胸動脈-左前下行枝におけるグラフト採取方法として確立され、安定した結果を臨床現場にもたらししていたと考えられるが、今回の術後造影を主体とした検討で skeletonize 法がそれを上回るものであるとの結論には至らなかった。しかし、skeletonize 法において、graft 長が延長することや、sequential anastomosis を多用できるなどその他の利点を有することから、同法は積極的に導入されるべき方法と結論する。

文 献

- 1) FitzGibbon GM, Burton JR, Leach AJ: Coronary bypass graft failure, angiographic grading of 1400 consecutive grafts early after operation and of 1132 after one year. *Circulation* 1978; **57**: 1070–1074
- 2) FitzGibbon GM, Kafka HP, Leach AJ, Keon WJ, Hooper GD, Burton JR: Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J Am Coll Cardiol* 1996; **28**: 616–626
- 3) Onoguchi K, Hashimoto K, Higashi S, Takakura H, Hachiya T, Kawada N, Inoue T, Takahashi T, Sasaki T: Serial angiographic evaluation over 5 years after coronary bypass surgery. *J Cardiovasc Surg* 2007; **36**: 321–324
- 4) Cho KR, Kim JS, Choi JS, Kim KB: Serial angiographic follow-up of grafts one year and five years after coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; **29**: 511–516
- 5) Kim KB, Cho KR, Jeong DS: Midterm angiographic follow-up after off-pump coronary artery bypass: Serial comparison using early, 1-year, and 5-year postoperative angiograms. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008; **135**: 300–307
- 6) Konety SH, Rosenthal GE, Vaughan-Sarrazin MS: Surgical volume and outcomes of off-pump coronary artery bypass graft surgery: Does it matter? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009; **137**: 1116–1123
- 7) Caputo M, Barnaby C, Reeves BC, Rogers CA, Ascione R, Angelini GD: Monitoring the performance of residents during training in off-pump coronary surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; **128**: 907–915
- 8) Amano A: OFF PUMP CABG. *J Jpn Soc Surg* 2006; **107**: 299–301
- 9) 川上恭司, 妹尾秀隆: 動脈グラフト手術と造影の実際. メディカ出版, 東京, 1993
- 10) 高本真一, 竹内靖夫: 冠動脈動脈外科 要点と盲点 Knack & pitfalls. 文光堂, 東京, 2005, 134–137