

循環器病の診断と治療に関するガイドライン（2004－2005年度合同研究班報告）

【ダイジェスト版】

虚血性心疾患に対するバイパスグラフトと手術術式の選択ガイドライン

Guidelines for the Clinical Application of Bypass Grafts and the Surgical Techniques (JCS 2006)

合同研究班参加学会：日本循環器学会，日本冠疾患学会，日本冠動脈外科学会，日本胸部外科学会，
日本心臓血管外科学会，日本心臓病学会

班 長	北 村 惣一郎	国立循環器病センター	協力員	田 林 暁 一	東北大学大学院医学系研究科心臓血管外科
班 員	天 野 篤	順天堂大学心臓血管外科		土 井 潔	京都府立医科大学心臓血管外科
	遠 藤 真 弘	大崎病院東京ハートセンター心臓病センター		富 田 重 之	金沢大学第一外科学
	落 雅 美	日本医科大学心臓血管外科		中 嶋 博 之	国立循環器病センター心臓血管外科
	川 筋 道 雄	熊本大学大学院医学薬学研究部心臓血管外科		新 浪 博	順天堂大学心臓血管外科
	小 林 順二郎	国立循環器病センター心臓血管外科		西 田 博	東京女子医科大学心臓病センター心臓血管外科
	坂 田 隆 造	鹿児島大学大学院医学総合研究科循環器・呼吸器・消化器疾患制御学		羽 生 道 弥	小倉記念病院心臓血管外科
	須 磨 久 善	心臓血管研究所付属病院心臓血管外科		堀 井 泰 浩	香川大学第一外科
	渡 邊 剛	金沢大学第一外科		森 重 徳 継	福岡大学心臓血管外科
協力員	岡 林 均	小倉記念病院心臓血管外科		夜 久 均	京都府立医科大学心臓血管外科
	小 田 克 彦	東北大学大学院医学系研究科心臓血管外科		山 本 文 雄	秋田大学心臓血管外科
	田 鎖 治	国立循環器病センター心臓血管外科			
	田 代 忠	福岡大学心臓外科			

外部評価委員

河 内 寛 治	愛媛大学第二外科	細 田 泰 之	順天堂大学医学部附属順天堂医院胸部外科
竹 内 靖 夫	東京女子医科大学東医療センター心臓血管外科	山 口 徹	虎の門病院
伴 敏 彦	土谷総合病院心臓血管センター		(構成員の所属は2006年11月現在)

目 次

- 1 ガイドラインの作成にあたって
- 2 術 式
 - 2.1 人工心肺使用心停止下および同非使用心拍動下冠動脈バイパス手術
 - 2.1.1 人工心肺使用心停止下冠動脈バイパス手術 (CCAB) の適応
 - 2.1.2 早期死亡
 - 2.1.3 脳障害
 - 2.1.4 縦隔炎
 - 2.1.5 腎不全
 - 2.1.6 遠隔成績
 - 2.1.7 人工心肺使用，非使用による違い
 - 2.2 その他の術式
 - 2.2.1 MIDCAB
 - 2.2.2 人工心肺使用心拍動下冠動脈バイパス手術
 - 2.3 CCAB と人工心肺非使用心拍動下冠動脈バイパス手術 (OPCAB) の前向き比較試験
- 3 グラフト材料
 - 3.1 左内胸動脈 (LITA)
 - 3.2 右内胸動脈 (RITA)
 - 3.3 右胃大網動脈 (GEA)
 - 3.4 下腹壁動脈 (IEA)
 - 3.5 橈骨動脈 (RA)
 - 3.6 大伏在静脈 (SVG)

- 4 グラフトアレンジメント
 - 4.1 In-situ graft
 - 4.2 Free graft
 - 4.2.1 上行大動脈吻合
 - 4.2.2 Composite graft
- 5 標的血管に対するグラフト材料の選択
 - 5.1 左前下行枝 (LAD)
 - 5.2 左前下行枝 (LAD) 以外の冠動脈
 - 5.2.1 回旋枝 (Cx)
 - 5.2.2 右冠状動脈 (RCA)
- 6 術後における問題点
 - 6.1 大伏在静脈に対する抗血小板剤投与
 - 6.2 橈骨動脈グラフトに対する Ca 拮抗剤投与
 - 6.3 バイパスグラフトに対する PCI
 - 6.3.1 静脈グラフト
 - 6.3.2 動脈グラフト
 - 6.4 抗高脂血症の薬理学的管理
 - 6.5 術後の降圧療法
 - 6.6 ホルモン療法
 - 6.7 禁煙
 - 6.8 リハビリテーション
- 7 特殊な患者に対する CABG の術式とグラフト選択
 - 7.1 超高齢者 (80 歳以上)
 - 7.2 女性
 - 7.3 糖尿病
 - 7.4 呼吸機能低下
 - 7.5 腎不全
 - 7.6 脳血管障害
 - 7.6.1 タイプ 1 障害
 - 7.6.2 頸動脈の閉塞性病変
 - 7.6.3 タイプ 2 障害
 - 7.7 Porcelain aorta
 - 7.8 肝硬変を合併した症例に対する開心術
 - 7.9 弁膜症
 - 7.9.1 大動脈弁狭窄症 (AS)
 - 7.9.2 虚血性僧帽弁閉鎖不全症 (MR) に対する僧帽弁手術の適応
- 7.10 左室瘤
- 7.11 大動脈瘤
 - 7.11.1 虚血性心疾患を伴う胸部大動脈瘤
 - 7.11.2 虚血性心疾患を伴う腹部大動脈瘤
- 7.12 再冠状動脈バイパス術
- 7.13 末梢血管病変
- 7.14 低左心機能
- 7.15 悪性新生物
- 7.16 急性冠症候群 (Acute Coronary Syndromes)
- 7.17 致死的心室性不整脈
- 8 患者リスクの評価法
 - 8.1 これまでの患者リスクの評価法
 - 8.2 患者リスク評価の問題点
 - 8.3 患者リスク評価法の選択
 - 8.4 グラフト選択に関するリスク評価
 - 8.5 ガイドラインにおける現時点での推奨
- 9 CABG の経済効率
 - 9.1 CABG の経済効率ガイドライン化における問題点
 - 9.2 わが国における CABG の医療経済的解析: DPC 全国データから
 - 9.2.1 人工心肺使用 (CCAB) と非使用 (OPCAB) との比較
 - 9.2.2 技術料における問題点
 - 9.2.3 医療材料に関する矛盾
- 10 技術革新
 - 10.1 自動吻合器
 - 10.1.1 中枢側自動吻合器
 - 10.1.2 末梢側自動吻合器
 - 10.2 ロボット手術
 - 10.2.1 内胸動脈剥離に対する手術支援ロボットの導入
 - 10.2.2 グラフト吻合に対する手術支援ロボットの導入
 - 10.3 Awake OPCAB
 - 10.3.1 治療適応
 - 10.4 レーザーによる経心筋血行再建
 - 10.4.1 治療適応
 - 10.4.2 TMLR に使用されるレーザー
 - 10.4.3 TMLR 後の危険因子

(無断転載を禁ずる)

1 ガイドラインの作成にあたって

冠状動脈バイパス手術 (CABG) に関するガイドラインについては最初に ACC/AHA から 1999 年に発表され、2004 年に改訂版が報告されている。しかしながら、わが国では OPCAB が全 CABG 症例中の 60% 以上を占めるにもかかわらず、PCI と CABG の症例数にはいまだに 8 倍以上の隔たりがあるという先進諸国の中では類を見ない特殊事情があり、ACC/AHA のガイドラインで

全てを網羅することは不可能である。本ガイドラインでは欧米の報告に加えてわが国からの報告についても詳細に検討し、わが国の実情に即した CABG に関するガイドラインを、特にバイパスグラフトと手術術式に重きを置き、ACC/AHA に準じたクラス分類およびエビデンス分類を行った。

本ガイドラインは、「虚血性心疾患に対するバイパスグラフトと手術術式の選択ガイドライン」作成班が『いかなるグラフトをどのような対象者にどのように用いるべきか』を内外のエビデンスを集め、検討を重ねて作成したものである。

表1 ガイドラインのクラス分け

本ガイドラインにおける適応は、以下に示す ACC/AHA 分類 Class I, II および III による

Class I : 手技・治療に関する有用性・有効性につきエビデンスが存在する, および/または一般の見解の一致を認める場合

Class II : 手技・治療の有用性/有効性に関するエビデンス, および/または見解が一致していない場合がある

II a : エビデンス/見解から有用・有効である可能性が高い

II b : エビデンス/見解による有用性・有効性が十分に確立されていない

Class III : 手技・治療が有用/有効ではなく, ときに有害となる可能性があることが証明されている, および/またはそのような見解で広く一致している

それぞれの Class 評価における evidence level は, 以下の 3 段階に分ける

evidence level

A : 多数の無作為臨床試験により得られたデータ

B : 1 つの無作為化試験, あるいは複数の非無作為化試験から得られたデータ

C : 専門家の一致した見解

2 術式

2.1 人工心肺使用心停止下および同非使用心拍動下冠状動脈バイパス手術

人工心肺使用心停止下冠状動脈バイパス手術 (CCAB) とともに人工心肺非使用心拍動下冠状動脈バイパス手術 (OPCAB) に関しても内外の文献を広く検討した. CCAB に関しては, 基本的には ACC/AHA のガイドラインに準ずるものであるが, OPCAB に関してはわが国からの多くの報告に基づきガイドラインを作成した.

2.1.1 人工心肺使用心停止下冠状動脈バイパス手術 (CCAB) の適応

- 血行動態の安定が得られず OPCAB ができない症例, もしくはすでに体外循環が開始されている例 【Class I, evidence level B】
- (解剖学的特徴や血行動態的理由から) 心拍動下では露出や固定がえられない冠状動脈に有意狭窄が存在し, 人工心肺を使用することにより完全血行再建が得られる例 【Class II a, evidence level B】
- (解剖学的特徴や血行動態的理由から) 心拍動下での十分な露出や固定が危惧される例 【Class II b,

evidence level C】

- 人工心肺による脳梗塞等早期合併症リスクが高い例

【Class III, evidence level B】

1. 上行大動脈に有意な石灰化, 粥状硬化を有する例
2. 高齢者
3. 術前合併疾患を有するハイリスク例
4. 脳梗塞の既往

2.1.2 早期死亡

CCAB 術後の早期死亡は, 年齢, 低左心機能, 緊急手術との関連がある. さらに, 性別 (女性), CABG の既往や, 合併する慢性疾患 (糖尿病, 末梢血管病変, 腎機能障害, 閉塞性肺疾患) は CCAB の早期死亡のリスクを増加させる.

- 高齢者, 腎不全等ハイリスク例に対する OPCAB は, CABG における早期死亡のリスクを軽減する 【Class I, evidence level B】.

2.1.3 脳障害

■ 高齢者, 脳梗塞の既往, 上行大動脈に有意な石灰化, 粥状硬化を有する例に対しては, 人工心肺と大動脈への手術操作の回避により脳障害のリスクを軽減できる 【Class I, evidence level B】.

- OPCAB は, CCABG との比較において, 術後脳障害の発生頻度が低い 【Class II a, evidence level B】.

2.1.4 縦隔炎

■ 両側内胸動脈の使用は, 胸骨治癒遅延の原因となり, 深部感染症のリスクである 【Class II b, evidence level B】.

- skeletonization 法による内胸動脈の採取は, 深部創感染のリスクを軽減する 【Class II a, evidence level B】.

2.1.5 腎不全

- OPCAB により, 腎機能障害発症のリスクを軽減することができる 【Class II b, evidence level C】.

2.1.6 遠隔成績

CABG 術後の遠隔期生存率は高齢, 左室駆出率, 糖尿病, 冠状動脈病変枝数, 性別が予測因子とされている. 静脈グラフトの粥状硬化, 閉塞は, 遠隔期の狭心症再発や心臓死亡の主要な原因とされる.

- 片側内胸動脈を前下行枝へのバイパスは長期開存優れ, これにより, 遠隔生存率や心事故回避率を向上させる 【Class I, evidence level B】.

- 両側内胸動脈の使用は、片側内胸動脈使用例との比較において、遠隔成績を改善する【Class II a, evidence level B】.
- 完全血行再建は、中期～遠隔期の生存率、心事故回避率の改善に有効である【Class II a, evidence level B】.

2.1.7 人工心肺使用，非使用による違い

- OPCAB と CCAB との比較では、手術死亡（30 日）、1-2 年までの死亡に有意差は認めない【Class I, evidence level A】.
- ハイリスク例においては、OPCAB は、CCAB と比較し、早期死亡を減少させる【Class I, evidence level B】.
- OPCAB は、CCAB と比較し、周術期合併症の頻度が低い【Class I, evidence level A】.
- OPCAB は、CCAB と比較し、人工呼吸期間、ICU 及び入院期間が短く、血液製剤の使用が有意に少ない【Class I, evidence level A】.

2.2 その他の術式

2.2.1 MIDCAB

MIDCAB は Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass の略であるが、一般的には皮膚小切開による単一冠状動脈領域への in-situ グラフトを用いたバイパス術式の総称である。

- LAD 一枝病変でかつインターベンションが不可能もしくはインターベンション不成功例【Class I, evidence level A】.
- 術後インターベンションを念頭に置いたハイブリッド治療【Class II a, evidence level B】.
- LAD を含む多枝病変で、LAD が優位冠状動脈であり、かつインターベンションが不可能な症例【Class II b, evidence level B】.
- 心原性ショック【Class III, evidence level C】.
- 左肺癒着などによるターゲット冠動脈の露出困難な症例【Class III, evidence level C】.
- MIDCAB 未経験の外科医あるいは MIDCAB 用手術器具がない場合【Class III, evidence level B】.

2.2.2 人工心肺使用心拍動下冠状動脈バイパス手術 (on-pump beating CABG)

- OPCAB 施行中の血行動態不全【Class II a, evidence level C】.

- 再手術例で癒着剥離のため心臓の虚脱を要する場合【Class II b, evidence level C】.
- 上行大動脈石灰化が著しく、大動脈遮断によるリスクが高い症例【Class II b, evidence level C】.

2.3 CCABと人工心肺非使用心拍動下冠状動脈バイパス手術 (OPCAB) の前向き比較試験

- OPCAB による外科的血行再建は、CCAB と同等に安全な手術方法であり、これに代わる標準術式となりえる【Class I, evidence level A】.
- 適切な stabilizer と heart positioner の使用及び外科医の習熟を前提とすると、OPCAB により、CCAB と同等のグラフト開存と完全血行再建の達成が得られる【Class II a, evidence level A】.
- OPCAB における術後早期および一年後のグラフト開存率は CCAB と同等である【Class II a, evidence level B】.

3 グラフト材料

本ガイドラインの中でも特に重要なのが、バイパスグラフトの選択に関してである。これに関してはグラフト材料（左内胸動脈、右内胸動脈、胃大網動脈、橈骨動脈、大伏在静脈、下腹壁動脈）をどの標的血管（左前下行枝、対角枝、回旋枝、右冠状動脈）に、どのように使用するか（In-situ graft, Free graft, Composite graft）に関し、内外の文献を検討した。

3.1 左内胸動脈 (LITA)

- LAD の血行再建には LITA を第一選択とするべきである【Class I, evidence level B】.
- LITA-Cx バイパスは、LITA-LAD バイパスより成績が劣る【Class II a, evidence level B】.
- LITA の skeletonization はグラフト長、流量を増加させる【Class II a, evidence level B】.

3.2 右内胸動脈 (RITA)

- BITA の使用は術後遠隔期の mortality および morbidity をともに低下させる【Class II a, evidence level B】.
- In situ RITA の吻合部位は左冠状動脈領域を優先する

べきである【Class II a, evidence level B】。

3.3 右胃大網動脈 (GEA)

- GEA は右冠状動脈領域に対する動脈グラフトとして、他の動脈グラフトの成績と比較しておおむね遜色はなく、有用である【Class II a, evidence level B】。
- GEA は右冠状動脈領域に対するグラフトとして、大伏在静脈グラフトより長期成績が優れている【Class II a, evidence level B】。

3.4 下腹壁動脈 (IEA)

下腹壁動脈 (IEA) は composite graft あるいは free graft として用いられる。同側の内胸動脈と同時に採取できないため適応は限定され、十分な evidence は存在しない。

3.5 橈骨動脈 (RA)

- RA を LAD 以外の冠状動脈枝に使用した場合の開存率は、ITA 等、他の動脈グラフトと同等である【Class II a, evidence level B】。
- RA の血流供給源として中枢側を in-situ ITA と吻合した場合と、大動脈と吻合し上行大動脈-冠状動脈 (A-C) バイパスとした場合のグラフト開存率に有意差はない【Class II a, evidence level B】。
- A-C バイパスとして使用した場合、RA は SVG より開存率が高い【Class II a, evidence level B】。
- 冠状動脈枝の狭窄が中等度である場合の RA グラフトの開存率は不良である【Class II a, evidence level B】。

3.6 大伏在静脈 (SVG)

SVG は CABG において、長期の開存性が満足すべきものではないため、現在は動脈グラフトが主流となっているが、最も初期から用いられたグラフトであり、未だに多く用いられているグラフトでもある。採取時に胸部の術野を妨げないため、emergency rescue CABG の際には第 1 選択となる。

- SVG の 10 年開存率は 60 % 程度であり、LITA-LAD 存在下で、第二の標的冠状動脈へのバイパスグラフトとして RA の方が SVG より開存率及び成績は優れている【Class II b, evidence level B】。
- RCA の血行再建で SVG は GEA より長期開存率は劣

る【Class II b, evidence level B】。

- 内視鏡的採取により、SVG の性状および開存率に影響を及ぼすことなく、従来の採取に比べて創部合併症や感染の頻度を減少させる【Class I, evidence level A】。

4 グラフトアレンジメント

4.1 In-situ graft

- In situ LITA は LAD に対する第一選択のグラフトである【Class I, evidence level B】。
- In situ RITA も LAD に吻合されると LITA と同等の quality が期待される【Class I, evidence level B】。
- BITA を左冠状動脈系に使用する事は single ITA のみと比べて mortality, morbidity を低下させることにより良好な遠隔成績が期待できる【Class II a, evidence level B】。
- In situ ITA の血流供給能は大動脈に吻合された SVG のそれよりは劣るものの、吻合冠状動脈の flow demand に呼応して流量や内径を増大させる。反面、狭窄の緩い冠状動脈との間では容易に血流競合を生じる【Class I, evidence level B】。
- 超音波メスを使用して skeletonization することにより、In situ ITA の到達距離はより長くなる。skeletonization は BITA 使用例での胸骨感染の機会を減少させる可能性がある【Class II a, evidence level B】。
- In situ GEA は症例によってグラフトとしてのサイズを吟味して使うなら主に右冠状動脈領域へのグラフトとして有用である【Class II a, evidence level B】。

4.2 Free graft

4.2.1 上行大動脈吻合

- 上行大動脈に吻合された SVG の 10 年開存率はおよそ 50 % 程度であるが、SVG を LAD に吻合した場合の開存率は他部位への吻合の場合より高い【Class II a, evidence level B】。
- 上行大動脈吻合によって使用される A-C グラフトとしての RA の開存性は SVG より良好である【Class II a,

evidence level B】.

- 高い流量が期待される A-C グラフトとして使用される場合でも radial artery は狭窄の緩い冠状動脈と血流競合を起こして閉塞する可能性がある【Class II a, evidence level B】.
- 上行大動脈部分遮断下にグラフト吻合を行う場合は大動脈壁からの atheromatous emboli 発生を回避させる注意が必要である【Class II a, evidence level C】.
- OPCAB では上行大動脈部分遮断を回避する為にいくつかの吻合用器具が開発されている. その有効性と信頼性に関しては今後の検討が必要である【Class III, evidence level C】.

4.2.2 Composite graft

- LITA-RITA または LITA-RA の Y-composite graft とした場合の LITA は吻合冠状動脈の血流需要にตอบสนองだけの血流供給能を有する【Class I, evidence level B】.
- LITA-RITA 或いは LITA-RA の composite graft は動脈グラフトによる血行再建を可能にし, 良好な長期開存率が期待できる【Class I, evidence level B】.
- Composite graft では吻合冠状動脈との血流競合が問題となることがある. 標的冠状動脈の狭窄度が緩い場合には注意が必要である【Class II a, evidence level B】.
- 静脈グラフトは, 中枢側を in-situ ITA と吻合した, いわゆる Y-composite graft の側枝としての使用は回避するべきである【Class II a, evidence level C】.

5 標的血管に対するグラフト材料の選択

冠状動脈枝別に見たグラフト選択は, それぞれの冠状動脈の重要性, 使用可能なグラフト, 遠隔期のグラフト開存率などにより総合的決定される. 冠状動脈の重要性に関しては, LAD は灌流心筋量が最も多いことより最も重要な冠状動脈とされている. 冠状動脈別にみた使用可能 (到達可能) グラフト材料を, 表 2 に示した. これらの組み合わせの中からそれぞれの冠状動脈に最適なグラフトを選択使用する必要がある.

表 2 冠動脈別使用可能グラフト

	一般的使用	特殊使用
FAD	LITA, RITA, RA, SVG	
Dx	LITA, RITA, RA, SVG	Composite RA, FITA
Cx	LITA, RITA, RA, SVG	Composite RA, FITA
RCA (#1-3)	RITA, GEA, RA, SVG	Composite RA, FITA
RCA (#4)	GEA, RA, SVG	Composite RA, FITA

LAD : left anterior descending artery, Dx : diagonal artery, Co : circumflex artery, RCA : right coronary artery, LITA : left internal thoracic artery, RITA : right internal thoracic artery, RA : radial artery, SVG : saphenous vein graft, GEA : gastro epiproic artery, FITA : free internal thoracic artery

5.1 左前下行枝 (LAD)

- LAD は, 最も高い遠隔期グラフト開存率を期待できる冠状動脈枝である【Class II a, evidence level B】.
- LAD に ITA を用いる事は, SVG を用いる場合に比べ, 良好な遠隔期の生存率, 心事故回避率を期待できる【Class I, evidence level B】.
- LAD に, RITA を用いた場合, LITA と同様の遠隔期開存率が期待できる【Class I, evidence level B】.

5.2 左前下行枝 (LAD) 以外の冠状動脈

LAD に対しては ITA を用いて血行再建することが標準的である. 残る LAD 以外の冠状動脈 (Cx, RCA) をどのように血行再建するかを選択がある. LAD 以外の冠状動脈に対して使用可能なバイパスグラフトは, ITA, RA, SVG などがある.

- LAD に ITA を用いた場合, もう一本の ITA は RCA よりも Cx に用いるべきである【Class II a, evidence level B】.
- LAD 以外の冠状動脈に ITA を用いた場合と RA を用いた場合の遠隔成績はほぼ同等である【Class II a, evidence level B】.
- LAD 以外の冠状動脈に対しても ITA を用いた方が SVG を用いた場合に比べて 10 年後の遠隔成績が優れている【Class II a, evidence level B】.
- LAD 以外の冠状動脈に対する, RA と SVG の遠隔成績の差は明らかでない【Class II b, evidence level C】.

5.2.1 回旋枝 (Cx)

- LAD に ITA を用いた場合, もう一本の ITA は RCA よりも Cx に用いるべきである【Class II a, evidence level B】.



5.2.2 右冠状動脈 (RCA)

- 全ての冠状動脈のうち、RCA (#1-3) は最も遠隔期グラフト開存率の低い冠状動脈である。RCA にたいする吻合は中枢 (#1-3) に行うより末梢 (#4) に行った方が高い遠隔開存率を期待できる【Class II a, evidence level B】。
- RCA に対するバイパスの遠隔成績で、GEA の SVG に対する優位性は明らかでない【Class II b, evidence level B】。

6 術後における問題点

6.1 大伏在静脈に対する抗血小板剤投与

- アスピリンは静脈グラフトの早期閉塞の防止のために選択されるべき薬剤である。アスピリンの投与は標準治療であり、術後イベントを予防するために継続すべきである【Class I, evidence level A】。

6.2 橈骨動脈グラフトに対する Ca 拮抗剤投与

CABG のグラフトとして RA の使用は Carpentier らによって初めて報告されたが、Ca 拮抗剤の RA 開存における有効性は明らかとなっていない。

6.3 バイパスグラフトに対する PCI

6.3.1 静脈グラフト

- 静脈グラフト病変に対して冠状動脈ステントと末梢塞栓保護デバイスが考慮される【Class II a, evidence level B】。

6.3.2 動脈グラフト

内胸動脈グラフトに対するステント治療の初期成功率は高いが、遠隔期では再狭窄率がバルーンによる冠状動脈形成術より高い。

6.4 抗高脂血症の薬理学的管理

- CABG 術後患者は、禁忌がない限り、スタチン療法を受けるべきである【Class I, evidence level A】。

6.5 術後の降圧療法

狭心症を合併する高血圧では、抗狭心症作用を持つ Ca 拮抗薬と β 遮断薬が第 1 選択となる。CABG の術前においては、過度の降圧が狭心症発作の誘因となるため注意が必要であるが、術後については薬物を組み合わせ、十分な降圧を図ることが心血管イベントの 2 次予防の観点から重要と思われる。

しかしながら、これらの知見は対象に CABG 術後患者が占める割合は多くなく、一般的な虚血性心疾患を合併した高血圧患者の管理におけるエビデンスであるので、CABG の術後に限定した降圧療法に関するエビデンスは十分ではない。

6.6 ホルモン療法

- ホルモン補充療法の導入は CABG 術後の女性患者には推奨されない【Class III, evidence level B】。

6.7 禁煙

- 全ての喫煙者は CABG の術後に教育的なカウンセリングを受け、禁煙療法を受けるべきである【Class I, evidence level B】。
- ニコチン補充やブプロピオンなどの薬物療法は禁煙しようという意思をもつ患者に対して行われるべきである【Class I, evidence level B】。

6.8 リハビリテーション

- 心臓リハビリテーションは CABG 術後の全ての適切な患者に行われるべきである【Class I, evidence level B】。

7

特殊な患者に対するCABGの術式とグラフト選択

7.1 超高齢者（80 歳以上）

- LAD へバイパスのための片側内胸動脈の使用は超高齢者（80 歳以上）の予後を改善する【Class II a, evidence level B】.
- OPCAB は超高齢者（80 歳以上）の手術リスクを軽減する【Class II a, evidence level C】.

7.2 女性

- 可能な限り、少なくとも片側の内胸動脈を採取し前下行枝バイパスに使用するべきである【Class I, evidence level B】.
- OPCAB の適応の判断については、性別を考慮する必要はなく、男女で同等に決定するべきである【Class II a, evidence level B】.

7.3 糖尿病

- 糖尿病例においては、PCI に対する CABG の優位性が大きい【Class I, evidence level B】.
- skeletonization 法は、糖尿病例における両側内胸動脈の採取後の深部創感染の抑制に有効である【Class II a, evidence level B】.
- 糖尿病例に対する OPCAB は、非糖尿病と同等の成績が期待できる【Class II b, evidence level B】.

7.4 呼吸機能低下

- 慢性閉塞性肺疾患例に対しては、人工心肺使用を回避することは手術リスクを軽減する【Class II a, evidence level B】.
- MIDCAB は、慢性閉塞性肺疾患例において、術後呼吸機能保持に有効である【Class II b, evidence level C】.

7.5 腎不全

- 慢性腎不全に対しては、人工心肺使用を回避することは周術期合併症リスクを軽減する【Class II b, evidence level C】.

7.6 脳血管障害

- 術後脳神経障害は二つのタイプに分けられる。タイプ 1 障害は重篤で、局所症状を伴う脳神経障害、昏迷、昏睡と関連している。タイプ 2 障害は知的機能、記憶の低下が特徴である。
- 術前脳梗塞の既往は、高齢とともに周術期脳障害発症のリスクであり、特に上行大動脈からの粥腫塞栓を回避できるような術式を選択するべきである【Class II a, evidence level B】.

7.6.1 タイプ 1 障害

- 術中上行大動脈上エコー、TEE、あるいは触診によって、上行大動脈に高度な粥状硬化が認められた時は、上行大動脈を遮断しない手術方法に術式を変更することが、術後脳神経障害発症を防ぐ可能性がある。その術式の中には OPCAB も含まれる【Class I, evidence level C】.
- CABG 後の再発するあるいは 24 時間以上持続する心房細動では、4 週間のワーファリンによる抗凝固療法が適応になる【Class II b, evidence level C】.
- 最近の前壁心尖部梗塞で、CABG 後も壁運動異常が持続する場合は、長期（3～6 ヶ月）の抗凝固がおそらく必要である【Class II a, evidence level C】.
- 左室血栓の有無によって手術方法や手術時期が変わる可能性があるため、最近の前壁梗塞の患者では、心エコーによる左室血栓のスクリーニングが考慮されるべきであろう【Class II b, evidence level C】.

7.6.2 頸動脈の閉塞性病変

- 症状を伴う頸動脈病変がある患者、または症状が無くても片側あるいは両側に 80 % 以上の頸動脈病変がある患者は、CABG の前あるいは同時に頸動脈血栓内膜摘除術を行なうことが推奨される【Class II a, evidence level C】.
- 以下のような患者はおそらく頸動脈スクリーニングの適応となる。65 歳以上、左主幹部病変、末梢血管病変、喫煙の既往、一過性脳虚血または脳梗塞の既往、

頸動脈雑音の聴取【Class II a, evidence level C】。

7.6.3 タイプ2障害

タイプ2障害はCABG後ある一定の患者で認められ、ICU滞在日数、在院日数、入院費用、リハビリ病院への転科の必要性の増加と関係している。

7.7 Porcelain aorta

- OPCABにて、上行大動脈へ近位側吻合を用いない方法【Class II a, evidence level B】。
- 上行大動脈への操作を回避した上での人工心肺使用心拍動下手術【Class II a, evidence level C】。
- 上行大動脈への近位側吻合における自動吻合器の使用【Class II b, evidence level C】。
- 通常の上行大動脈への操作を伴う方法【Class III, evidence level B】。

7.8 肝硬変を合併した症例に対する開心術

不可逆的な肝機能障害、特に肝硬変を合併した症例に対する外科手術はhigh riskであり、しばしば、出血、感染、肝不全、腎不全、長期挿管といった合併症を引き起こすだけでなく、適応を誤れば致死的となることが知られている。

- OPCABは、Child-Pugh分類B、もしくはCの症例の手術リスクを軽減する【Class II b, evidence level C】。

7.9 弁膜症

7.9.1 大動脈弁狭窄症 (AS)

- CABGを行う患者で重度ASを合併する場合大動脈置換術(AVR)を施行すべきである【Class I, evidence level B】。
- CABGを行う患者で中等度ASを合併し、AVR同時施行しても手術のリスクが低い場合AVRの適応となりうる【Class II a, evidence level C】。
- CABGを行う患者で軽度ASを合併し、AVR同時施行しても手術のリスクが低い場合AVRの適応となる可能性がある【Class II b, evidence level C】。

7.9.2 虚血性僧帽弁閉鎖不全症 (MR) に対する僧帽弁手術の適応

- CABGを行う患者において、重度MRを伴う場合は僧帽弁手術を同時に行うべきである【Class II a,

evidence level B】。

- CABGを行う患者において、中程度MRを伴う場合は僧帽弁手術の同時施行が望ましい【Class II b, evidence level C】。

7.10 左室瘤

- CABGに加えて左室瘤切除形成術【Class I, evidence level B】。
- 左室内へパッチを使用した左室形成術【Class II a, evidence level B】。
- 瘤切除直線縫合法【Class II b, evidence level B】。

7.11 大動脈瘤

7.11.1 虚血性心疾患を伴う胸部大動脈瘤

高齢者の増加に伴い虚血性心疾患を伴う胸部大動脈瘤患者が増加している。その頻度は胸部大動脈瘤患者の16~30%もあり、弓部大動脈人工血管置換術と冠状動脈バイパス術の同時手術は15~30%に施行されてきた。

7.11.2 虚血性心疾患を伴う腹部大動脈瘤

末梢血管手術(腹部大動脈瘤、頸動脈疾患、下肢閉塞性動脈硬化症等)前の冠状動脈病変評価において34%が冠状動脈疾患を合併し、25%の症例が冠状動脈血行再建(CABG又はPTCA)を要したと報告されている。

7.12 再冠状動脈バイパス術

- 以前CABGを受けた患者で、保存的加療あるいはPCIによっても続く胸痛を自覚する場合再冠状動脈バイパス術の適応となる。胸痛が典型的でない場合、負荷試験などによって心筋虚血を証明する必要がある【Class I, evidence level B】。
- 以前のバイパスグラフトが閉塞しており、残った冠状動脈病変がCABGの適応となる場合も再手術の対象となる(左主幹部病変、左主幹部と3枝病変)【Class I, evidence level B】。
- 以前CABGを受けており、吻合可能な末梢血管が大きな範囲の心筋を還流しており、その部位が虚血に陥っている場合、再手術が勧められる【Class II a, evidence level B】。
- 以前のバイパスグラフトの中でLADもしくは大きな範囲の心筋を還流している大伏在静脈が、粥腫硬化に

より 50 % 以上の狭窄を来している場合も再手術を考慮する【Class II a, evidence level B】。

7.13 末梢血管病変

冠状動脈疾患と末梢血管病変の合併はよく知られた事実であり，末梢血管病変を手術する患者の 37 % から 78 % に冠状動脈病変を合併していると報告されている。

■末梢血管を病変合併した CABG 症例に対しては人工心肺を使用しないほうが，脳合併症の頻度が低い【Class II a, evidence level B】。

7.14 低左心機能

■低左心機能を伴い，高度心筋虚血が証明されている重症多枝病変に対する CABG【Class I, evidence level B】。

■心筋梗塞後の左室リモデリングによる低左心機能症例に対する CABG に加えて左室形成術【Class II a, evidence level B】。

■多領域にわたる心筋梗塞後の高度低左心機能症例に対する CABG および左室形成術【Class II b, evidence level C】。

7.15 悪性新生物

悪性新生物を合併する患者において CABG を行う場合，問題点はいろいろあるが，現在のところエビデンスとして確立したものがない。

7.16 急性冠症候群 (Acute Coronary Syndromes)

■急性冠症候群に対する PCI と CABG の成績を比較すると，病院死亡率に差は無いが，CABG において合併症の発生率が高い。また，長期生存率にも差は無いが，PCI において血行再建術が再度必要になる危険度が高い【Class II a, evidence level A】。

7.17 致死的心室性不整脈

■心肺蘇生などの致死的心室性不整脈による有害事象を有する重症多枝病変患者に対する CABG【Class I, evidence level B】。

■致死的心室性不整脈を伴い，心筋虚血を証明される重症多枝病変患者に対する CABG【Class II a, evidence

level B】。

■心筋梗塞後の癒痕組織を伴う心室頻拍に対する左室形成術【Class II b, evidence level C】。

8 患者リスクの評価法

8.1 これまでの患者リスクの評価法

これまで，心臓手術に関するリスク評価に関しての報告は数多くなされ，心臓手術を受ける個々の患者のリスク評価のみならず，コスト削減による病院収支の改善，施設間の成績向上への啓発等に多大な役割を果たしてきた。これまで報告されているリスク評価法の主たるものを表 3 に示した。

8.2 患者リスク評価の問題点

リスク評価における問題点として ①いかなる変数を用いるのか，②用いられた変数自体が，患者個人の因子や，医療提供側の因子により変動すること，③用いられた変数自体が，時間や医療技術の進歩に伴い刻々変化すること，等が挙げられている。現在では，STS database と Euro SCORE が世界的なスタンダードとされ，多くの外科医がその恩恵に与っていることは日常の臨床活動の中で証明済みであるが，日本独自の，またはその地域独自の特徴を考慮したリスク評価法の確立が重要であり，理想である。

8.3 患者リスク評価法の選択

現在，わが国においてはデータベースが確立しておらず，患者リスク解析法も検証されていない現状では，前述の方法を各施設の特徴を加味した状況で選択することになるが，世界的にはスタンダードとされる STS risk algorithm か，Euro SCORE かに選択の目が注がれる。

8.4 グラフト選択に関するリスク評価

CABG におけるグラフト開存率のリスク評価には，術後中長期に冠状動脈造影を行う大規模前向き研究が不可欠である。CABG におけるグラフトは様々な種類が報告されているが，研究基金不足があり，未だ正確なり

表3 リスク評価法

	Parsonnet score	Higgins score	French score	OPR score	Pons score	Euro SCORE	STS risk algorithm
発表年	1989年	1992年	1995年	1995年	1996年	1999年	1994年
施設数	single center	single center	Multi center 42	Multi center 9	Multi center 7	Multi center 128	Multi center
国	USA	USA	France	Canada	Spain	ヨーロッパ8カ国	USA
患者数	3500人	5051人	7181人	13098人	1309人	19030人	728人
術前因子	20項目	13項目	11項目	6項目	11項目	23項目	14項目
対象	Heart Surgery	for CABG	Heart Surgery	Heart Surgery	Heart Surgery	Heart Surgery	Heart Surgery
評価項目	Mortality	Mortality Morbidity	Mortality Morbidity	Mortality	Mortality Morbidity	Mortality Morbidity	Mortality Morbidity
統計処理	Univariate and logistic regression analysis	Univariate and logistic regression analysis	Univariate and logistic regression analysis	Univariate and logistic regression analysis	Univariate and logistic regression analysis	Univariate and logistic regression analysis	Univariate and logistic regression analysis
使用法	Score表で計算過去の data より推測	Score表で計算過去の data より推測	Score表で計算過去の data より推測	Score表で計算過去の data より推測	Score表で計算過去の data より推測	Inter net で mortality, morbidity が計算可能	Inter net で mortality, morbidity が計算可能

スク因子の同定ができていないのが現状である。

8.5 ガイドラインにおける現時点での推奨

わが国においては、日本成人心臓血管外科データベースが発足し、日本独自のデータベース構築が進められている段階で、現時点では世界のスタンダードである STS データベースや Euro SCORE を利用することが現実的であると考えられる。しかしながら、日本における morbidity を含む患者リスクの評価を求める場合は、日本人特有のリスク評価を進めることを推奨する。

9 CABG の経済効率

CABG は自然科学の一部としてとらえられる点で医学という分野に属する一方、社会科学の一部としてとらえると、医療制度の中で行われる医療と考えることができる。従って本ガイドラインの中に一定の経済的な評価の尺度を含めるのも自然かつ必要なことであろう。しかし、CABG の経済効率についてガイドライン化を試みる場合、数多くの障害がある。本ガイドラインを標準化のための指標ととらえ、標準的経済効率についてできるだけ公的なデータにもとづいてまとめる。

9.1 CABG の経済効率ガイドライン化における問題点

1) 国による違い

CABG の経済効率を考える場合、evidence level A に属するような論文（例えば欧米における CABG と PCI の多施設無作為割付比較試験の論文）から経済効率の比較データを求めることには限界がある。わが国とは保険制度、診療報酬の額、薬剤や医療材料の価格差、doctor's fee (surgeon's fee) の有無、などに極めて大きな違いがあるからである。

2) 一国二制度

平成 17 年度現在、わが国では特定機能病院 82 病院と一握りの試行的適用病院では DPC による包括払い制度が適用されており、出来高払い制度とともに二つの制度が混在している。従って、経済効率につき一律に論じることが不可能であるが、本ガイドラインでは DPC データの呈示を中心としたい。

3) 変化のサイクルの早さ

診療報酬制度は 2 年に 1 度改訂が行われる。このガイドラインに記載されるデータも早くも平成 18 年度改訂により影響を受け大きく変化する可能性が高い。また、PCI に用いられるデバイスの進歩に代表されるように、使用されるデバイスの種類や価格、その位置づけは極めて短期間に更新される。一方、CABG については PCI に比べると変化の速度は比較的ゆっくりであり、平成 16 年の時点でわが国における OPCAB の割合が 60 % を

超えていることから、CCAB と OPCAB の経済効率を比較するにはいいタイミングである。

4) データの乏しさ

PCI との比較で CABG の経済効率を論じる場合に必須と思われる Drug eluting stent（平成 16 年 9 月導入）の影響のデータも残念ながら公式には得られていない。さらに、病院の経営母体に関し、特定機能病院以外との比較データも不十分にとどまっている。これらに対しては民間の調査機関が独自に集計解析したデータを補足的ではあるが一部呈示するにとどめる。

9.2 わが国における CABG の医療経済的解析：DPC 全国データから

平成 15 年度「急性期入院診療における診断群分類活用に関する研究」班による全国調査データを用いた集計・解析を行った。その結果、実在院日数は 35.2 ± 19.9 日（中央値 29 日，変動係数 0.56）で，術前 11.2 ± 11.2 日（中央値 7 日），術後 23.2 ± 14.7 日（中央値 19 日）で，術前のバラツキが大きかった。

出来高換算入院請求額は $3,494,900 \pm 1,592,000$ 円（中央値 $3,310,000$ 円，変動係数 0.46）であった。

9.2.1 人工心肺使用（CCAB）と非使用（OPCAB）との比較

a) 在院日数

34.2 ± 20.1 日 vs 36.7 ± 19.6 日（ $p=0.01$ ），術前 11.1 ± 11.3 日 vs 10.9 ± 11.1 日（NS），術後 22.0 ± 14.8 日 vs 25.0 ± 14.5 日（ $p<0.001$ ）と OPCAB が有意に短かった。

b) 請求総額

$3,100,000 \pm 1,140,000$ 円 vs $4,100,000 \pm 1,960,000$ 円（ $p<0.001$ ）で有意に OPCAB が低額でありその差は約 100 万円にのぼった。

OPCAB の経済効率の良さを表しているものの，医師や病院への労働の対価である“手術その他（技術料）”まで OPCAB には 30% 加算が設けられているにもかかわらず on pump CABG よりも 20 万円以上低額で極めて不合理な結果である事が明らかとなった。

9.2.2 技術料における問題点

まず On pump CABG の技術料は“1 本のもの” 487,000 円，“2 本以上のもの” 813,000 円であり，従って OPCAB における技術料の“30% 加算”分は“1 本のもの”で 146,100 円，“2 本以上のもの”で 243,900 円

ある。

一方，OPCAB で失う技術料として on pump CABG における“人工心肺技術料”の 255,000 円と“人工心肺を用い低体温で行う心臓手術麻酔の 200% 加算”がある。“人工心肺技術料”のみで外科医に対する技術料の加算は吹きとんでいることがわかる。

9.2.3 医療材料に関する矛盾

人工心肺という高額な医療材料を使用しない OPCAB では公的医療費節減に多大なる貢献をしているが，DPC 時代においても手術当日に用いる特定保険医療材料である人工心肺関係のデバイスは出来高請求できるためコスト削減の incentive は病院側にはほとんど働かない。そればかりか公定価格と購入価格（実勢価格）の差が差益として乏しい技術料に替わる病院の収益源になっているという根本的な矛盾から，OPCAB 時代における CCAB ではなおさら経済観念は持ちえない現状がある。

OPCAB 用デバイスに関しても実際は本来 single use と注意書きのあるデバイスの再使用もされているというのが現状と言われている。

10 技術革新

10.1 自動吻合器

【Class II b 一部 III, evidence level C】

現在，わが国で臨床使用可能な自動吻合器は大伏在静脈（SVG）用の中枢側吻合器のみであり，完全自動型吻合器と半自動型吻合器の 2 種に大別される。

10.1.1 中枢側自動吻合器

中枢側自動吻合器は上行大動脈部分遮断などの鉗子操作により生じる脳梗塞を軽減させ，短時間での確実な吻合を目的として開発されてきた。

10.1.2 末梢側自動吻合器

冠状動脈末梢用の自動吻合器に関しては，MVP system, St Jude Medical ATG coronary connector system (St Jude Medical Inc, St Paul, Minn) の 2 種類が臨床治療されている。現段階ではまだ小規模臨床試験しか行われていない。

10.2 ロボット手術

【Class III, evidence level C】

手術支援ロボットは大きく2つに大別することができ、ひとつは AESOP (Intuitive Surgical, Inc. Sunnyvale, CA) に代表される内視鏡把持ロボットであり、もうひとつは da Vinci Surgical System に代表されるマスター・スレイブシステムを有する手術ロボットである。

10.2.1 内胸動脈剥離に対する手術支援ロボットの導入

心拍動下内胸動脈剥離に対しては、内視鏡把持ロボットのガイド下に通常の内視鏡器具を用いて内胸動脈を採取する方法、あるいはマスター・スレイブ方式の手術用ロボットでロボット鉗子を用いて内胸動脈を採取する方法が報告されている。

10.2.2 グラフト吻合に対する手術支援ロボットの導入

心停止下あるいは心拍動下でのマスター・スレイブ方式の手術用ロボットを用いた吻合操作が報告されている。

現在、依然としてロボット支援下冠状動脈バイパス手術を困難にしているのはその吻合技術であり、吻合を容易にすべくスタビライザーを始めとして吻合器具などが開発されている。またその適応に関しては、1枝、多枝あるいは心停止下、心拍動下を含め、いまだ定まるところではなく、今後の技術革新によってその適応が定着、拡大されることが期待される。

10.3 Awake OPCAB

【Class III, evidence level C】

高位硬膜外麻酔 (High Thoracic epidural anesthesia: TEA) を使用した自発呼吸完全覚醒下による心拍動下冠状動脈バイパス術 awake off-pump CABG (Awake OPCAB) は 1999 年最初に報告されている。Awake OPCAB の利点は全身麻酔を使用しないことから早期の離床、退院が可能であり、手術操作上も TEA を使用することで心拍数が減少し、冠血流が増加する結果不整脈の発生が抑制されることから心拍動下吻合をしやすい環境が得られるとしている。

10.3.1 治療適応

Awake OPCAB の対象となる患者は、本術式が最初に報告されたときは LAD 1 枝病変や、RCA を含め 2 枝病変に限られていた。

Awake OPCAB の有用性に関しては、報告例や、その

症例数からもまだ問題の多く残るところである。しかし OPCAB における TEA の動脈拡張作用、不整脈抑制作用、さらに挿管全身麻酔を避けることの利点は大きい。今後さらに臨床研究を重ねてより安全で確実な Awake 手術を確立すれば、さらなる低侵襲 CABG への道が開ける可能性がある。

10.4 レーザーによる経心筋血行再建

【Class II a, evidence level A】

CO₂ レーザーによる経心筋血行再建術 Transmyocardial surgical laser revascularization (TMLR) は心外膜側から内膜側へ高出力レーザーを照射し、左心室腔と虚血心筋間に新しいチャンネルを作り出すことで、虚血心筋へ血流を導くという手法であるが、現在では修復機転の結果としての血管新生がその主体であると考えられている。

10.4.1 治療適応

TMLR の最もよい適応は、薬剤抵抗性の狭心症患者でかつ PCI や CABG などの血行再建術が不可能な症例である。

10.4.2 TMLR に使用されるレーザー

現在 TMLR に使用されるレーザーは波長、エネルギー特性から CO₂ レーザーである Heart Laser™ (PLC Medical Systems, Milford, MA), Holmium : YAG レーザーである Eclipse™ (Cardio Genesis Corp, Sunnyvale, CA) の2種類が一般的である。レーザーの波長、エネルギー特性が異なることからその使用法、効果は若干異なり、CO₂ レーザーの方が Holmium : YAG レーザーより 1 パルスのエネルギーが強いため、1 パルスで心筋を貫通することが可能である。一方、Holmium : YAG レーザーは CO₂ レーザーに比べ photoacoustic 効果が強く、交感神経求心性繊維ネットワークが遮断されやすいとされている。

10.4.3 TMLR 後の危険因子

TMLR 後の予後を左右する因子は、1) 不安定狭心症、2) 心筋全体の虚血、3) 左室機能低下が挙げられる。

TMLR はさまざまな前向き無作為割付でその有用性が証明され、ガイドラインに従った臨床使用可能な治療法であり、近年の OPCAB などの低侵襲手術や、細胞移植治療や血管新生療法との併用によりさらなる利用効果が見込まれる治療法である。