

心臓血管外科手術の麻酔

東京女子医科大学麻酔科学教室

野村 実

はじめに

A 心臓外科の麻酔

1 術前評価

心臓麻酔における術前評価の基本は、心臓カテーテルや心エコーの所見を詳細に理解することである。**ASA** や **NYHA** のリスク分類は患者の静的な状態を把握できるが、麻酔管理に重要な心機能の予備能力を推測するのは難しい。経食道心エコーの普及にともない、麻酔科医にも心臓麻酔中の心機能の評価や術中診断が麻酔科医に要求されることが多くなった。特に心臓麻酔の管理において重要なのは、術前の心臓外科とのカンファレンスなどに参加して、手術の内容を十分把握することである。

2 モニタリング

肺動脈カテーテルは、心拍出量を測定できるだけでなく、混合静脈血酸素飽和度や、右室容積、駆出率などさまざまな測定ができる。また、心房、心室ペーシングワイヤー留置も可能など、心臓外科手術領域における有用性は大きい。肺動脈カテーテルの術中使用の指針が、最近 **American Society of Anesthesiologists** から発表されている 1)。

一方、心臓外科手術における経食道心エコーの使用率は年々高まり、僧帽弁形成術などの評価を必要とする症例のみではなく、心臓外科手術における監視モニターとしての **TEE** の必要性は高い。今後は単なるモニターとしてだけでなく、診断ツールとしての **TEE** の取得は心臓外科手術においては前提となることが予想される。**TEE** の適正使用に関するガイドラインが **American Society of Anesthesiologists** と **Society of Cardiovascular Anesthesiologists** で検討されている 28)。

3 麻酔方法

吸入麻酔、静脈麻酔 (TCI; target controlled infusion) とともに頻用されるが、フェンタニルや最近ではレミフェンタニルを中心とした麻薬系薬剤に補助的に吸入麻酔や静脈麻酔を使用するのが一般的である。TCI は、投与速度がコントロールできないので、麻酔導入時や予測血中濃度を増加させた場合には急激な血圧低下が起こる危険性が多いので、心機能高度低下例では十分な注意が必要である。また、人工心肺使用時の血液希釈や ECUM、回路への吸着の知見は十分に解明されていないため、特に常温体外循環などでは麻酔深度が十分であることを BIS などを確認することが必要である。

4 血管作働薬の進歩

血管拡張作用をもつプロスタグランジン E1 (PG E1)、ニカルジピン、ニトログリセリンを後負荷軽減による心拍出量の増加を期待してドパミン、ドブタミンと併用して積極的に使用するようになってきた。また、心拍出量増加させる薬剤の選択として、phosphodiesterase III inhibitor (PD III) が臨床応用されている。PD III は血管拡張作用もつため、肺動脈圧低下作用、左室拡張能、右心機能の改善も期待されるが、血圧を軽度低下させるため、心臓外科手術における使用には熟練が必要である。

また、off pump CABG や胸腹部動脈瘤のステント留置術などの増加につれ、心拍数の厳密な制御が必要となってきた。 $\beta 1$ 選択制が高い short acting β 遮断薬やレミフェンタニルによる血行動態の制御が重要視される。

B 人工心肺と補助手段

1 人工心肺の生理

人工心肺装置は虚血性心疾患、弁膜症、大血管疾患、先天性心疾患などの心疾患の手術の際に短時間だけ使用されるものである。

人工心肺の構造は<図参照>おもに、血液循環、血液ガス交換（二酸化炭素除去、酸素添加）、体温調節がある。心臓手術では心臓を停止させ、心臓への血流を遮断して行うため、血液ポンプにより全身への血液循環を代行する。また、人工肺により、血流のなくなる肺のガス交換機能を代行する。さらに、体温調節のための熱交換器がある。血液は大静脈から脱血され、人工心肺装置を経由して上行大動脈・大腿動脈へ送血される。

生体は人工心肺装置使用時、低体温、非拍動流、抗凝固剤の大量使用、循環血液量が一定であるなど非生理的な状態におかれるためダメージを受ける。それは短時間であれば問題はないが、長時間となるとその影響は極めて大きい。

人工心肺離脱時の管理

大動脈遮断、心筋保護下での手術では、心内操作が終わったところで大動脈遮断を解除して冠動脈に血流を復活させます。これにより心筋は”冬眠”から目覚めて収縮を再開するわけです。心臓の収縮力の回復には通常、数日間を要するといわれています。従って心臓の手術が終わった直後では心臓の収縮力は術前低下、心不全が存続します。このために開心術後は強心剤や血管拡張剤、利尿剤などの投与、時には心補助装置を駆動して集中治療室で厳密な管理を受ける必要が出てくる。

人工心肺離脱をする準備としては、大動脈遮断か解除から時間が経過して、心機能が回復していることのほかに、体温が正常に復している、不整脈がみられない、心内の空が除去されている、など全身状態が安定していることが重要である。人工心肺を離脱するには、まず心臓に容量付加をかけていくが、この際には中心静脈圧、肺動脈圧などを指標にする。送血量や脱血量などは、人工心肺技師と麻酔科医、術者が心臓の大きさをとともに TEE により左室容量、心機能などを TEE で観察しながら調節して、徐々に人工心肺から自己の心臓へ移行していく。

人工心肺から自己拍動へ

心拍再開後のカテコラミンは通常ドパミン $5-10 \mu\text{g/kg/min}$ やドブタミン $5-10 \mu\text{g/kg/min}$ がよく使用される。ミルリノンなどの PD III inhibitor も併用される。心不全が継続し血圧上昇がみられなければ、ノルアドレナリンやアドレナリンは $0.01-0.03 \mu\text{g/kg/min}$ より開始するが、末梢血管収縮作用や不整脈を助長するのでやむをえない症例にのみ使用する。

心拍開始時の心拍数（徐脈、頻脈）、リズム（完全房室ブロック）によってはペースメーカーを必要とするため常に準備しておく。心機能的には、心房ペーシングが有効であるが、人工心肺直後は心房がペーシングに反応しないときも多く、その際は心室ペーシングを行う。

不整脈にはどう対処する

心室性不整脈に対してはリドカイン $0.5-1.0 \text{ mg/kg}$ の静注さらに $15-30 \mu\text{g/kg/min}$ の持続投与を開始する。難治性の不整脈にはアミオダロンなども考慮するが、副作用に十分注意する。心室頻拍、心室細動などの不整脈は心停止と同様であり、除細動を直ちに行う。代謝性アシドーシス、低カリウム血症、低体温などがあると繰り返すことがあるので、同時に治療を行う。

人工心肺離脱前の TEE による壁運動の評価、グラフト血流、弁形成などが期待通りでない場合、この時点で再度の人工心肺を考慮する。人工心肺のポンプを停止し循環、呼吸状態の安定がみられたらゆっくりプロタミンを静注する。

人工心肺離脱前後より回路の回収血が麻酔科医側から行なえる準備を人工心肺中に行なう。急速に大量の輸血を行なえるように輸血ポンプを使用する。人工心肺回路の血液を使用した場合には ACT の測定を頻回に行ないながらプロタミンの追加投与を行なう。

左心機能低下例はどのように管理するか

左室駆出率 40%以下などの著しい左心機能低下症例においては大動脈内バルーンパンピング (intra-aortic balloon pumping) を考慮する。IABP はバルーンカテーテルを胸部下行大動脈に留置しこれと接続されている駆動ポンプによる圧変化で、心拡張期にバルーンを膨張させ拡張期圧を上昇し冠動脈血流量増加させ、心収縮期にバルーンを急速に収縮すると大動脈での負荷が低下し、これに続く収縮期の心臓の仕事量を減少する。(図 2) 以上のことから一次的に心拍出量を増加させ冠循環の改善、心仕事量の改善を行なう。また難治性心室性不整脈の抑制、麻酔導入時の虚血発生の減少、手術終了時の左室負荷の軽減に

有効性がある。**IABP** 駆動装置が正しく作動しているか否か心電図または動脈圧を正しくトリガしているかを確認する。 タイミングの設定の仕方には 2 種類ある。心電図トリガは、通常 T 波の頂点から下行脚に入った時点から膨張し P 波の終了から **QRS** の間で収縮させる。心拍数や **QRS** 幅等により異なるので圧波形をみながら調節する。動脈圧トリガは内蔵コンピュータが圧波形を解析し動脈圧波形の下行脚の **dicrotic notch** に合わせて膨張し収縮期圧がでる前に収縮する。図 3) 術中は電気メスやハムなどのノイズが入ると同期できなくなるので動脈圧トリガにしておく。 **IABP** などでも十分な血圧が維持できない場合には、**PCPS** (**pericutaneous cardiopulmonary support**) を考慮する。また、**PCPS** は通常大腿動静脈で送脱血を行う。血液回路も非常に単純であるため数分間で準備し装着することができ、心原性ショックの蘇生手段として用いる場合もある。

5 術後管理

心臓術後においては、ストレスの予防、血行動態の安定性、肺合併症や凝固能亢進のなど重要臓器の機能低下が起こる。術後は人工心肺によるインターロイキンなどの影響も強く、肺機能障害が起こりやすい。麻酔中より肺に **PEEP** や従圧換気を行うなど、いわゆる **open lung** にしておくことにより、術後の無気肺による酸素加能の低下予防につなげることが重要である。

出血の原因は人工心肺によるヘパリン、プロタミンの問題だけではなく、人工肺やポンプや吸引による赤血球、血小板の損傷また白血球、リンパ球の活性化による凝固機能への影響など、多種の因子がからんでいる。**ACT** が正常化しても出血が継続する症例は少なくなく、血小板数や凝固時間などを測定して、濃縮血小板や新鮮凍結血漿などの血液製剤の適応を考慮する。

患者管理鎮痛法 (**patient-controlled analgesia**) は患者の満足度とペインスコアの改善に有効である。硬膜外麻酔や硬膜外鎮痛法をうけた患者ではより少量の麻酔でカテコールアミン反応の是正、凝固能亢進の抑制がみられているが、ヘパリンを使用する心臓手術には使用しにくい。**IVPCA** (**intravenous patient controlled anesthesia**)などを工夫して積極的な鎮痛をはかる。

6 様々な心臓手術

心臓手術は一般的な冠動脈疾患は人工心肺を使用しない **OPCAB** 手術となり

早期抜管や awake OPCAB なども行われるように成っている。心臓手術と知っても成人と小児では違い、先天性心疾患でもチアノーゼと非チアノーゼではその麻酔管理は異なる。また最近行われている大動脈弓部手術や胸腹部大動脈瘤手術では、脳保護、脊髄保護が重要視される。このように心臓手術といっても多岐にわたり、その病態生理や術式を十分理解することが麻酔科医にとっても必要となってきた。麻酔方法を熟知するだけでなく、TEEなどを駆使した術中管理が今後心臓手術の成績の向上につながる。

文献

- 1) Practice guidelines for pulmonary artery catheterization : a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Pulmonary Artery Catheterization. *Anesthesiology*. 1993;78:380-394.
- 2) Bonow RO et al. ACC/AHA guidelines for the management of patients with valvular heart disease-a report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Management of Patients with Valvular Heart Disease)-. *JACC* 1998, 32:1486-1588
- 3) Eagle KA, Brundage BH, Chaitman BR et al; Guidelines for perioperative cardiovascular evaluation for noncardiac surgery. Report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on practice guidelines (committee on perioperative cardiovascular evaluation for noncardiac surgery) *Circulation* 93, 1278-1317, 1996

図 人工心肺回路
図 IABP 波形
表 肺動脈の基準

肺動脈カテーテルの術中使用

ClassI : 肺動脈カテーテルにより最も容易に検出される重度の血行動態障害のリスクがある患者に、血行動態変化を引き起こしやすいことが経験的に予想される手術操作を行う場合（例：狭心症に対する腎上の大動脈瘤修復）。

ClassII : 患者の状態または手術操作のいずれか一方が原因で血行動態障害のリスクが高い患者（例：慢性腎不全患者の股関節置換）。

ClassIII : 血行動態障害のリスクがない患者。

6400 字

03-3817-5728 医学書籍編集部 藤島さん

h-fujishima@igaku-syoin.co.jp

1 人工心肺合併症 ARDS Stroke 血液凝固

2 CPB の図

3 IABP 波形

4 人工心肺離脱困難例

CO CVP TEE 末梢循環 ペースメーカー VT VF の対処