

ECMO に関する「あれこれ」

遠藤 智之 記

適応

- 肺補助であれ、心補助であれ、適応は各施設の能力・方針・経験による
- 基本的に「可逆的」病態であるべき。ただし移植治療へのブリッジになることもあるので、真に可逆的でなくとも許容される。
- 年齢よりは事前の ADL が重要
- 体重は ELSO ガイドラインでは 125 kg が一応の上限

IC：以下については必ず説明する

- 輸血がほぼ必須である。「エホバの証人」は治療を継続できない可能性が高い。
- 出血（特に脳）／血栓のいずれのリスクも高い。
- 治療継続が無益と考えられる場合（不可逆的脳障害など）は、臓器提供の可能性のある場合を除き、中止することは妥当である。
- 治療の継続が必要な段階で回路トラブル（気泡混入、血栓形成、機械の不具合など）が発生した場合には、可及的速やかに回路を交換するが、回路交換の際には一時的に呼吸循環補助が停止することから、虚血による重篤な障害（特に脳障害）が生じる可能性がある。

プライミング

- テルモ Capiiox 熱交換器対応回路も MERA の回路もプライミングボリュームは >500mL なので、1000mL のソフトバッグ製剤でプライミングを行うとよい。
- ビン針が 2 つあるので、エア混入のリスクを減らすために、2 本ともバッグに繋いでおいた方が安全と思われる。
- 硬いボトルの輸液製剤は避け、ソフトバッグ製剤を用いる。
- K は入っていたほうがよいので、生食よりはリンゲル液が望ましい。
- プライミングが終了したら、プライミングラインの三方活栓を確実にロックする。
- モーター部分や人工肺のエア抜きのために鉗子等の固いものでは叩かない。
- 流量センサーを確実に装着すること。装着向きに注意。結構忘れやすい。
- オートプライミングが終了したら、最低でも回路の送血側を鉗子でクランプして準備する。

カニューレション

- もっともトラブルが多く、律速段階になるのがカニューレションである。
- VA-ECMO 導入の可能性のあるショック患者の場合には、拍動があるうちに予め大腿動静脈にシースを入れておく（俗称：Dirty Double）。
- 心肺停止状態では誤穿刺によるトラブルを起こしやすい。
- 穿刺部位の血腫や血管損傷を避けるためには、穿刺回数をできるだけ少なくするべき。

- できるだけエコーを使用し、直視下穿刺を行う。
- ガイドワイヤー挿入時には、エコーでワイヤーが IVC と腹部 Ao 内にあることを視認するとよい。
- セルジンガー法での穿刺の際に、ガイドワイヤー挿入前に動静脈を弁別するために血液ガスをチェックすることは有用であるが、すでに重度の低酸素血症に陥っている場合においてはその限りではない。
- 脱血カニューレを左大腿静脈からブラインドで挿入すると、上行腰静脈に挿入されることがある。
- 刺入部の出血・皮下血腫でもショックになりうる。
- CPR 中にカニューレを挿入するときは、脱血カテーテルが右房に入ったと思われたら胸骨圧迫を緩めることを推奨するエキスパートもいる（右房や肝損傷のリスクが上がる）。
- 透視下でのカニューレシオンが理想的だが必須ではない。

運転開始

- 運転開始の際には必ず遠心ポンプを 1000 回転以上で回転させてからゆっくりとクランプを外し、逆流しないか確認する。
- 回転数を上げて、最大流量を把握する。
- 脱血と送血の各カニューレの色をチェックする。
- 最大の流量を得たい場合は、遠心ポンプの回転数を上昇させても流量が上昇しなくなる回転数より少し低い回転数に設定する。
- ECMO 補助下に自己駆出波形が確認される場合には、自己駆出を保った状態で補助を行う。脈圧 > 10mmHg を保つ。
- ECMO 補助による後負荷に対して駆出することができない（脈圧 < 10mmHg）症例では、左室ベント等を考慮する→心臓外科相談
- 両心不全の状態であれば、Biventricular Assist について心臓外科相談。

維持・補正

- ACT 200 前後（150 まで許容するという施設も）
- Alb > 3（～4）
- Hct > 40%
- 血小板 > 8 万（連日チェック）
- フィブリノーゲン 250–300（連日チェック）
- ATⅢ 80–120%（連日チェック）
- K > 4
- SvO₂ > 70%
- Lactate：正常範囲

心拍出量・循環の評価

- 心補助（VA）であれば、SvO₂ モニターが可能な Swan-Ganz カテーテルを挿入すると離脱の際に指標が増えて管理が容易になる。

- SvO2 は最低でも 1 日 1 回は較正を行う。
- SvO2 に影響を与える因子に変動がある場合は適宜較正を追加する。
 - CO の変動：Stroke Volume（駆出率の変化）× Heart Rate（徐脈/頻脈）
 - Hb/Hct の変動：出血/輸血/大量輸液など
 - SaO2 の変動：呼吸器設定の変更、肺水腫の改善/悪化、人工肺の酸素化能の変化
 - 代謝抑制 or 亢進：鎮静・筋弛緩/発熱/シバリングなど
- SvO2 が急速に低下する場合、まず疑うべきは「出血」である。
- S-G カテーテルによる連続心拍出量（CCO）の値は信用してはいけない。トレンドは参考とする：右房脱血の影響、低心拍出状態（ $<1.5L/m$ ）での不確実性
- 心エコーは頻回に実施。最低 1 日 1 回以上。
- 肺塞栓症などの右心負荷が強い病態は、TEE で PFO や ASD の存在をチェックしておく、奇異性塞栓症のリスク評価になる。

循環補助

- 脱血不良時の輸液…膠質液や輸血が理想的。晶質液による浮腫を極力避ける。特に V-A の場合、腎血流量が増加し、尿量が急激に増加するので十分に注意を払うこと。
- 成人の左心補助においては IABP の併用を考慮する。拍動流の臨床的価値は証明されていない。肺塞栓の場合、通常左心系の機能低下が無いので IABP は不要。
 - 冠動脈血流の増加
 - ECMO 離脱の際の心拍出補助として意味がある
- $1.5L/m$ が一般的なポンプフロー下限（心拍出量を $5L/m$ とするとその 30%相当）
- カテコラミンは極力減らす。ただし最低限の循環は必要であり、脈圧 >10 を維持。

維持→離脱の評価に有用なパラメータ

- 心エコー：motion/駆出時間（A 弁開放時間） $>0.20sec$ /弁膜症など
ただし、流量を $2L/m$ 程度まで落として評価すべき
- 脈圧：ポンプとしてのパワーの指標
- etCO2：肺血流（=心拍出量）の指標・・・PaCO2 に近い値
- Lactate：組織循環の指標・・・正常範囲目標
- SvO2：組織循環の指標・・・目標 $>70\%$
- 尿量（PCPS のフローの影響を受けることに注意）
- 総ビリルビン：右心不全の指標
- PAP の拡張期圧 \approx PAWP：前負荷の指標（ただし肺動脈閉塞がないとき）

有用ではないパラメータ

- IVC のサイズ
- CVP の絶対値（トレンドは参考になりうる）
- 高流量で補助中の心エコー所見：前負荷・後負荷ともにミスマッチの状態である

- 肺動脈閉塞がある時の PA 圧を前負荷の指標としてしまうこと

VV-ECMO での注意

- Recirculation を避けるために、一般的に下大静脈下部脱血、右房送血を第一選択とする。
- 心拍出量が正常であれば、Hct>40%を維持していれば SpO₂ 80%で OK
- 肺は休ませる。低圧・低換気で構わない。
- 長期化 (>7 日) しても諦めない。
- SvO₂ はあてにならないので Swan-Ganz は通常不要。
- 組織灌流の指標は平均血圧/Lactate/尿量等でみる

抜去

- 穿刺法で入れたカニューレは圧迫で抜去可。60-120 分前にヘパリン中止。
- 事前に血小板と凝固因子を正常値にしておく必要がある。

気泡の混入

- いったん混入した気泡の除去は晶質液で回路を充填するときの気泡除去とは比べようがないほど困難である（某テキストより引用）。
- 除去するにはポンプを停止させて回路上の側枝から除去する以外に方法はない。
- 回路交換が最も確実な対処方法である。

回路交換の手順

- 予備ポンプで交換用回路のプライミングを終了しておく
- 自己心拍出が少ない場合は、十分な前酸化素化を行い、カテコラミン増量の準備をしておく。左心補助の状態であれば IABP が欠かせない。
- 回路交換により、旧回路容量分の血液が新回路の晶質液で置換されることになるため、Hct の維持のためには輸血が必要となる。
- 回路とカニューレの接続は、通常血液固着により非常にきつく（固く）なっているため、鉗子が必要になることが多い。
- 送血カテーテルと脱血カテーテルを同時に素早くエア抜きして接続するためには、それぞれの接続において 2 人確保するとよい。
- 迅速な回路交換のためには 5-6 人の人員確保が必要
 - 送血側の回路担当 2 人
 - 脱血側の回路担当 2 人
 - 旧回路の取り外しと新回路の取り付け担当（CE が理想的）