

ELSO General Guidelines for all ECLS Cases
Version 1.1 April 2009
Japanese Translation By Yoshinari Niimi M.D.,Ph.D.
Hospital Director and Head of the Anesthesia Department
Itabashi Chuo Medical Center

抜粋資料 by 遠藤 智之

適応： 重篤な急性心不全および呼吸不全で、従来の治療では高い死亡率が想定される症例が適応となる。ECLSを使用したときの死亡率は約 50%と考えられているため、**80%以上の死亡率が予想される場合に適応**とする。

相対的禁忌

- 1) 回復後、正常な生活が望めない患者
- 2) 生活の質に大きな影響を与える術前合併症（中枢神経障害、末期悪性腫瘍、ECLS の抗凝固による全身性の出血リスク）
- 3) 患者の年齢、体格
- 4) 無益な場合：（患者の状態が重篤すぎる、従来の治療が長期に及んでいる、死亡が避けられない、など）

適応について、「Patient Specific Supplements to the ELSO General Guidelines」より抜粋（以下青字）

Adult respiratory failure cases （呼吸補助）

Indications

1. In hypoxic respiratory failure due to any cause (primary or secondary) ECLS should be considered when the risk of mortality is 50% or greater, and is indicated when the risk of 80% or greater.
 - 50% mortality risk can be identified by a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ on $\text{FiO}_2 > 90\%$ and/or Murray score 2-3
 - 80% mortality risk can be identified by a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 80$ on $\text{FiO}_2 > 90\%$ and Murray score 3-4
2. CO_2 retention due to asthma or permissive hypercapnia with a $\text{PaCO}_2 > 80$ or inability to achieve safe inflation pressures ($\text{Pplat} \leq 30$ cm HO) is an indication for ECLS.
3. Severe air leak syndromes

	0	1	2	3	4
PaO ₂ /FiO ₂ on 100% O ₂	≥40 kPa 300 mmHg	30-40 kPa 225-299 mmHg	23-30 kPa 175-224 mmHg	13-23 kPa 100-174 mmHg	<13 kPa <100 mmHg
CXR quadrants	Normal	1	2	3	4
PEEP (cmH ₂ O)	≤5	6-8	9-11	12-14	≥15
Compliance (ml/cmH ₂ O)	≥80	60-79	40-59	20-39	≤19

Murray Score

Contraindications

There are no absolute contraindications to ECLS, as each patient is considered individually with respect to risks and benefits. There are conditions, however, that are known to be associated with a poor outcome despite ECLS, and can be considered relative contraindications.

- Mechanical ventilation at high settings (FiO₂ > .9, P-plat > 30) for 7 days or more
- Major pharmacologic immunosuppression (absolute neutrophil count <400/mL³)
- CNS hemorrhage that is recent or expanding

Specific patient considerations

- Age: no specific age contraindication but consider increasing risk with increasing age
- Weight: over 125 kg can be associated with technical difficulty in cannulation, and the risk of not being able to achieve an adequate blood flow based on patient size.
- Non fatal co-morbidities may be a relative indication based on the individual case (i.e. diabetes and renal transplant and retinopathy and PVOD complicated by severe pneumonia)
- Bridging to lung transplant: generally bridging to lung transplant is impractical because of limited donors. Using an implanted membrane lung (in a paracorporeal position) with extubation and ambulation is being evaluated in some transplant centers.

Adult Cardiac Cases (心補助)

Indication for ECMO in adult cardiac failure is cardiogenic shock:

- Inadequate tissue perfusion manifested as hypotension and low cardiac output despite adequate intravascular volume.
- Shock persists despite volume administration, inotropes and vasoconstrictors, and intraaortic balloon counterpulsation if appropriate.
- Typical causes: Acute myocardial infarction, Myocarditis, Peripartum Cardiomyopathy, Decompensated chronic heart failure, Post cardiectomy shock.
- Septic Shock is an indication in some centers.
- Guidelines on relative survival without ECMO:
 - ✧ IABP score postcardiotomy (Hausmann H Circ 2002)
 - ✧ Samuels score postcardiotomy (Samuels LE J Cardiac Surg 1999)

- Options for temporary circulatory support
- Surgical temporary VAD: Abiomed, Levitronix
- Percutaneous VAD: TandemHeart, Impella
- ECMO: Advantages: Biventricular support, bedside immediate application, oxygenation,
- Biventricular failure, Refractory malignant arrhythmias, Heart failure with severe pulmonary failure
- ECMO is a bridge to...
 - ◇ Recovery: Acute MI after revascularization, Myocarditis, Postcardiotomy
 - ◇ Transplant: Unrevascularizable acute MI, Chronic heart failure
 - ◇ Implantable circulatory support: VAD, TAH

Contraindications to ECMO

- Absolute:
 - Unrecoverable heart and not a candidate for transplant or VAD
 - Advanced age
 - Chronic organ dysfunction (emphysema, cirrhosis, renal failure)
 - Compliance (financial, cognitive, psychiatric, or social limitations)
 - Prolonged CPR without adequate tissue perfusion
- Relative:
 - Contraindication for anticoagulation
 - Advanced age
 - Obesity.

心補助の血流量

- 回路部品は、 $3L/m^2/min$ （乳児で $100mL/kg/min$ 、小児で $80mL/kg/min$ 、成人で $60mL/kg/min$ ）の血流量を得られるように選択する。
- 十分な体灌流を示す最良の指標は、静脈血酸素飽和度 $> 70\%$ である。

呼吸補助の血流量

- CO_2 除去のみを目的とする場合には、アクセスは VA、VV のほか、動脈脱血静脈送血 (AV) でも良い。
- 通常、心拍出量の約 25% の血流量で、代謝によって産生された CO_2 ($3-6mL/kg/min$) を除去できる。
- CO_2 除去は血流量とスウィープガス流量、回路に流入する CO_2 量、膜型肺の性能に依存する。

ポンプ

- 脱血回路が閉塞した状態で、脱血圧が $-300mmHg$ を超えないようにする (Capiiox ではモニター不可)
- 送血回路が閉塞した場合も、送血圧が $400mmHg$ を超えないようにする (Capiiox ではモニター不可)
- 最低 1 時間はバッテリー駆動で使用できなければならない。

- ハンドクランクシステムを有する

スウィープガス

- 通常 100%O₂、もしくは 95%O₂ と 5%CO₂ の混合気を、血流量と 1 : 1 の比で用いる。
- スウィープ流量を増せば CO₂ 除去能は増すが、酸素加能は変わらない。
- スウィープガスの圧力が血液の圧を超えるか、または血流側の圧が大気圧を下回ると（血流や血圧が無い場合、膜型肺から重力でドレナージされる場合）に膜型肺に気泡が発生する。

回路の充填

- K を 4-5MEq/L 含む細胞外液組成の等張電解質液を用いて、無菌的に充填する。

モニター

- 膜型肺前後の血圧測定に、サーボ方式による最大圧制御機構を組み込めば、過剰な圧力の発生を予防できる（Capiox では不可）
- ポンプ前の脱血ライン圧にサーボ制御機構を用いることで、ポンプによる過大な陰圧を防止できる（Capiox では不可）

アラーム

- 膜型肺前後の圧測定とアラーム：この測定により、人工肺の圧力損失勾配が分かる。圧力損失の増加は、人工肺内部の血液凝固を表す（Capiox では不可）

血液チューブ

- チューブの長さや口径で血流抵抗が決まる。
- 患者の近くで動脈ラインと静脈ラインの間に「ブリッジ」回路を設けると、ポンプ停止時、ポンプ離脱時、緊急時に有用である（Capiox の回路はブリッジを持たない）

待機的使用時と緊急使用時の回路

- 緊急使用の要請があった場合は、数分以内に回路を使用できなければならない。
- 回路の充填は晶質液のみで行い、カニューレが挿入され次第、回路を装着できるようにする。
- インレットに過度の陰圧、アウトレットに過度の陽圧がかからないようにする安全管理システムを備えておく（Capiox では不可）

血管アクセス

1. 静脈脱血—動脈送血（Venoarterial:VA）：心臓補助には必須であるが、呼吸補助にも有用である。
2. 静脈脱血—静脈送血（Venovenous:VV）：血行動態の補助効果はない。太い動脈の使用を避けることで、体循環の塞栓症を避けられることより呼吸補助に有用である。
3. 動脈脱血—静脈送血（Arteriovenous:AV）：低流量しか望めない。CO₂ 除去目的に限って使用される。

カニューラ

- “カニューラ”は、ECLSを目的として直接血管に挿入されるカテーテルを意味し、他のすべてのカテーテルと区別するために用いられる用語である。
- 血管アクセスにもちいたカニューラの抵抗は、直接その長さに比例し、径の4乗に反比例する。

カニューレーション

カニューラは次の方法で留置される。

- 1) カットダウン
 - 2) セルジンガー法（経皮的血管穿刺、ガイドワイヤー留置、ダイレータによる拡張）
 - 3) カットダウンによる露出とセルジンガー法を組み合わせた方法
 - 4) 開胸での右房と大動脈への直接カニューレーション
- カニューラ留置前に、ヘパリンをボラス投与（通常50-100単位/kg）する。ヘパリンは、患者に凝固異常や出血を認める場合でも投与する。
 - 普段使っている小径の静脈カテーテル（シース）を先に留置するのが、もっとも安全な方法である。血液採取や血圧測定によってこのカテーテルの位置を確認する。

ポンプ流量

- ポンプ流量を最大まで増加させ、患者の特性とカニューラの抵抗に応じた最大流量を把握する。
- 最大流量を確認したのち、十分な補助を行なえる最低値までポンプ流量を低下させる。
- VAアクセスでは、動脈の脈圧が最低でも10mmHgとなるまでポンプ流量を低下させる（ECLS中、心臓と肺に連続的な血流があることを確認できる）のが理想的である
- VVアクセスのポンプ流量は、最大値から目標とする酸素飽和度（SatO₂ >80%）が得られるところまで低下させる
- 40%を超えるヘマトクリット値を維持すると、最小の血流量で適正な酸素運搬を行なえる。

CO₂ 除去

- 最初は、ガスとポンプ流量の比を1：1とし、その後PCO₂が目標の範囲になるよう調節する
- 初期のPaCO₂が70mmHgを超えていれば、CO₂とpHに依存した脳血流の変動を避け、数時間かけてこれを正常化する

抗凝固

- ヘパリンは、カニューレーション時にボラスで50-100単位/kg投与し、ECLS使用中は持続投与する
- ACTを正常値の1.5倍にする
- ACTは1時間おきに測定するが、ACTが変化するときは、さらに頻回に測定する。
- AT3濃度は正常範囲（対照値の80-120%）に維持されるべきである
- 新鮮凍結血漿（安価）や濃縮AT3製剤（極めて高価）でAT3を補充して血液凝固をコントロールする
- 回路内で血液凝固が起きたときの対処は、新しい回路への交換である
- 日常臨床では、血小板輸注によって血小板数が8万/mm³を超えるように維持する。
- ヘパリン起因性血小板減少症（HITT）は極めてまれな病態で、多発性の白色動脈血栓と1万/mm³未満の血小板減少をみとめる

- HITT の簡単なアッセイがあるが、疑陽性率が極めて高い。ヘパリンを使用している ECLS 施行中の患者は、数多くの原因によって血小板減少を呈する。こうした患者では、実際に HITT でなくても HITT アッセイが陽性になることがまれではない。
- ECLS 患者が真の HITT であれば、血小板を輸注しても、血小板数は増加せず、1 万未満である。
- HITT ではアルガトロバンが次の選択肢となる。
- ECLS 中はフィブリノーゲンが枯渇する傾向にある。毎日フィブリノーゲン濃度を調べ、新鮮凍結血漿やフィブリノーゲンの輸注によってこれを正常範囲 (250-300mg/dL) に維持する
- 現在市販されている表面コーティング回路を用いた場合でも、全身のヘパリン化が必要である。

モニター、アラームと事故防止

- 灌流圧が高ければ高いほど、リークや回路破裂の危険性が高い。一般に 400mmHg が安全限界である。目標とする流量でポンプ後方圧が 300mmHg を超える場合、その原因は患者の体血圧が高い (VA モードの場合)、返血カニューラの抵抗が大きい、膜型肺からカニューラまでのチューブ抵抗が大きい、膜型肺の抵抗が高い、などである (Capiiox ではモニター不可)。
- 回路内の空気は、直接の視認または気泡検出器で発見する。回路内に空気が発見された場合はポンプを止め、患者の近くで回路を遮断し、呼吸循環を補助する。
- 回路内の血液凝固は、回路全体を懐中電灯で照らし、注意深く観察して発見する。
 - クロットは、表面上に暗く動かない領域として観察される。
 - どんな回路にも、コネクター、静脈ライン、ポンプ前の血液滞留部、膜型肺などにいくらかは微小なクロットを認める。こうしたクロットが 1-5mm であれば、回路を交換する必要はなく、観察のみでよい。
 - 回路送血側の 5mm を超えるクロットや拡大するクロットは、回路の一部を交換して取り除く。こうしたクロットを多数認める場合は回路全体を取り替える必要がある。
- カニューラを皮膚に少なくとも 2 箇所固定し、カニューラの位置と固定を頻回に調べ、患者を適度に鎮静する。
- 溶血は、尿がピンク色になったときに疑い (溶血ではなく、膀胱の出血のこともある)、血漿ヘモグロビンを測定して確認する。
- 緊急時の訓練は、これらのすべての問題に向けて、チームで定期的に行うべきである。
 - ECMO は、重篤な患者に用いられ、高度の技術を要する治療である。良好なアウトカムは、多職種のチーム (医師、ECMO 専門家、体外循環技士、看護師、その他) による安全管理の反復に大きく依存する
 - 安全な ECMO 治療を促す指針には：緊急時態に対処する定期的な技術講習会、鍵となる重要事項を事前に確認する「タイムアウト」のチーム訓練、ECMO 施行後の報告を含む。

移送

- 移送の際には、バッテリーが完全にチャージされているか、手回し用クランクを準備したか確認する。
- ICU を出る前に移送計画を練る。エレベーターを止め、廊下を片付け、移送先の準備が整っていることを確認する。患者と ECLS 装置を動かすとき、1 名は片手をストレッチャーに、もう一方の手を ECLS 装置にかけ、チューブが引っ張られないようにする。

血行動態

- VV 補助では、患者は自己の血行動態に従う
- VA 補助では、血行動態は血流量（ポンプ流量と自己心の拍出）と血管抵抗に制御される。脈圧が小さいため、平均動脈圧は正常よりも幾分低い
 - 体灌流は混合静脈血酸素飽和度で評価するのがもっともよい。
 - 静脈血酸素飽和度が 75% を超えていれば血圧が低くても酸素供給は十分である。
 - 体酸素運搬が不十分であれば（静脈血酸素飽和度 < 70%）、灌流が十分になるまでポンプ流量を増加させる。
- 流量を増加させるのに循環血液量を必要とする場合は、晶質液を追加投与するよりも輸血を行ったほうがよい

呼吸器の管理

- VV モードであろうと VA モードであろうと、人工呼吸器は低く設定し、肺を休ませる。
 - 呼吸不全の患者でよくみられる間違いは、ECLS 初期の急性炎症期に肺胞を開存させようとするところである。
 - 肺を休止させる典型的な設定では、吸気時間を長くして呼吸数を減らし、吸気プラトー圧を下げ（< 25mmHg）、FiO₂ を下げる（< 30%）。
 - 実際、持続的に陽圧をかけときどき圧を開放する Airway Pressure Release Ventilation (APRV) が用いられることもある。しかし、患者が VV モードで管理されている場合は、高い PEEP を用いると静脈還流が妨げられ、PEEP に特徴的な血行動態への悪影響がある。
 - PEEP は通常 5-15 cmH₂O に設定する
 - 変法として、気管挿管を抜管し、患者を覚醒させて自発呼吸させてもよい。
- 肺にかなりのエアリークや間質に肺気腫がある場合は、数時間から数日、リークがとまるまで人工呼吸器の圧力を下げるか、あるいは停止させる。このとき、肺には原疾患に加えて高度の無気肺が生じる。人工呼吸器に戻すときは肺胞を開存させる必要がある。
- 気胸が生じた場合、胸腔ドレナージチューブの挿入は、当然の処置ではない。たとえ小さなチューブの留置でも、開胸を必要とする大量出血を招くことがある。血行動態に影響を及ぼさない小さな気胸（< 20%）は、吸収を待つのがもっともよい治療である。
- 拡大する気胸や血行動態に影響する気胸はドレナージが必要となる。これは、術者がもっとも慣れた方法で行うのが最善である。セルジンガー法で小さいカテーテルを入れる方法もあれば、外科的に開窓して胸腔チューブを留置する方法もある。
- 炎症が治まれば、肺胞を開存させる手技（1 から 2 分間、25-30cmH₂O の圧力で吸気を延ばす）を使える。
- 肺が回復するときは、自発呼吸が回復を促す。鎮静薬を調節して自発呼吸を出し、スウィープガスを調節して送血する血液の PCO₂ を 40 mmHg 以上にし、人工呼吸器をアシストモードにして肺の回復を促進する。

- 心補助を目的に VA で ECLS を使用していて肺機能に問題がない場合は、気管挿管チューブを抜去し、自発呼吸下に覚醒させておける。
- 動脈血ガスは、送血した血液と大動脈（VA）もしくは右房（RA）の血液が混合した結果である。
- 送血する血液は、通常 PCO₂ 40mmHg、PO₂ 500mmHg、酸素飽和度 100%、酸素含量 22mLO₂/dL である。
- VV モードでは、送血した血液が体静脈に還流した血液と混ざる。送血した血液と脱酸素化した右房血との一般的な比率は 3：1 である。
 - 結果、肺動脈の血液は PCO₂ 41mmHg、PO₂ 40mmHg、酸素飽和度 80%、酸素含量 17mLO₂/dL となる。自己肺の機能がまったくなければ、これが動脈血ガスの組成となる。
 - 一般に VV 補助では体動脈血の酸素飽和度が約 80%であり、これを知っておくのが重要である。
 - ヘマトクリットが 40%以上で心機能が良好であれば、この水準の低酸素血症でも体酸素運搬は十分である。
 - 低酸素血症を理由に呼吸器の設定を上げない。
 - 自己肺の機能が悪くても、酸素飽和度で 80%を超えて酸素加が増加する。
- VA モードでは、送血した血液が大動脈の血液と混ざる。
 - 送血した血液と生体の大動脈血は、一般的に 8：1 の比率となる。
 - 大腿動脈送血で血流が逆行性である場合、血液は大動脈の中間部分のどこかで混ざる。
 - 流量が大きければ混合する位置が心臓に近くなる。
 - 高度の呼吸不全で、通常の VA 補助流量（総心拍出量の 80%）であれば、左室の脱酸素化した血液が大動脈弓部と冠動脈を灌流し、完全に酸素化された送血血液が体の下部 2/3 を灌流する。
 - このときは、さらに 上大静脈の血液を脱血するか、送血の一部を右房に送る（静脈脱血・静脈動脈送血 VVA）ことで対処できる。

鎮静

- カニューレーション時と 最初の 12-24 時間、浅麻酔の状態になるまで完全に鎮静する
- カニューレーション時に空気塞栓を起こす原因となる自発呼吸を止め、代謝率を下げ、カニューレーションを困難にする体動を避け、患者を楽にするためである。
- ECLS で患者が安定した後は、すべての鎮静と麻薬を十分な期間止め、完全な神経学的検査を行う。
- それから、患者の不安や不快感に応じて、再度鎮静や鎮痛を行う。
- VV で ECLS を施行している場合、鎮静の主目的は、気管挿管に耐えられるようにすることである。
- 5歳以上の患者では、鎮静を減らすために早期に気管切開への変更を考慮する。

血液量、体液バランス、およびヘマトクリット

- 重篤な患者はすべて同様であるが、管理の最終目標は正常なヘマトクリット、正常体重（水分過負荷でない）、正常な血液容量である。

- ECLS 中、**ヘマトクリットは赤血球の輸血によって簡単に正常化できるが**、これは体外循環の血流をもつとも効率よく利用するうえで極めて重要である。
- **貧血（ヘマトクリット<45%）では、十分な灌流とガス交換を得るのに高いポンプ流量が必要**となり、結果としてポンプ後方圧が高くなる。
- **血液量は右房圧で 5-10mmHg を目標として高めに維持する。**
- 輸液管理の目標は、**細胞外水分量を正常（ドライウェイト）に戻し、そこで維持することにある。**
 - 理由は、疾病や医原性の晶質液投与による浮腫が、原疾患に加えて肺不全や心筋不全を起こすからである。
 - ECLS 初期の急性炎症期に生じる毛細管リークは、大量の晶質液投与でさらに悪化する。
 - **患者の血行動態的に安定すれば（通常 12 時間）、利尿薬を投与し、ドライウェイトになるまで継続する。**
 - 利尿薬に対する反応が不十分で水分バランスをマイナスにできない場合や、腎不全が発症している場合は、体外循環回路に**持続血液ろ過を付加して、水分と電解質のバランスを維持する。**

体温

- 体温は、**通常 37℃**あたりに維持する。
- 高体温（発熱や炎症による）は、代謝亢進を避けるために熱交換器で調節する。

腎と栄養管理

- 上述したように、患者がドライウェイトに近づき浮腫が消失するまで、自発的利尿もしくは薬物的利尿を維持する。これは心不全や肺不全からの回復を早め、ECLS の時間を短縮する。
- **利尿や血液ろ過は腎不全を起こさない。**
- 腎不全が起きたとすれば、それは原疾患に関係したものであり、持続血液ろ過透析（CVVHD）で対処する。
- すべての危機的患者と同様、**カロリーやタンパクを含めた完全な栄養補給が重要**である。

感染と抗生物質

- カニューレーション部位は消毒液で頻回に消毒し、消毒用クリームやオイントメントで感染を予防する。
- 感染があれば、適切な抗生剤を投与する。
- ECLS 施行中の予防的抗生剤投与について、標準処方はない。
- **ECLS 中の菌血症は、回路部品内での菌の成長が関与することもあるが、通常は患者に由来する。**
- 危機的な患者で一般的な「中心静脈カテーテル敗血症」を疑った場合と異なり、感染を疑っても通常はカニューラを交換できず、回路の交換も危険である。
- 他の原因による菌血症がすべて否定されたときに、カニューラまで含めた回路全体を迅速に交換する。

体位

- 患者の体位は、病態を考慮したうえで可能な限り可動性のある正常な体位を保つべきである。
- 患者は、数日間麻酔下に仰臥位で寝かされる傾向にある。大きな小児や成人では、肺後部が圧迫され無気肺を生じるため、これは避けるべきである。
- 呼吸不全であれば、背側の肺硬化は 1 日に数時間腹臥位で管理することで予防され、また治療される。
- 心補助が目的の ECLS であれば、挿管チューブを抜去し、患者をベッド上で自発的に動かしてもよい。

出血

- ECLS では全身の抗凝固、血小板減少、血小板機能障害などの理由により、出血がもっともよくみられる合併症である。
- ECLS の経過を通して、出血の予防が重要である。
- 医師や看護師は、**単純な静脈穿刺、指の穿刺、気管内吸引、鼻腔や尿道からのカテーテル挿入などが制御できない出血を招くことを忘れて**いることがある。
- ECLS 患者では採血部位が多数存在するため、針で穿刺するのは極めてまれである。
- 吸引やカテーテル留置は、抗凝固状態が適切である（低い ACT 値、適切な血小板数）こと確認したのちに、注意深く行う。
- 侵襲的な処置が必要な場合は、適切な準備を行なうことが重要である。
- 特に**フィブリノーゲンと AT3 に注意を払う**べきである。
- 出血への対処は、凝固状態をできるだけ正常に近づけることから始める。
- **ACT が正常の 1.4 から 1.5 倍になるまでヘパリン投与量を減らし、血小板数が 10 万を超えるまで血小板輸血を行なう。**
- 凝固因子の欠乏が明らかであれば、新鮮凍結血漿や特異的な凝固因子製剤が適応となる。
- しばしばこれらの処置によって出血が止まる。
- もし、止まらなければヘパリンの投与を中止するのが合理的であるが、回路内にクロットが形成される可能性があるため、これは特異的な治療が奏効しない場合に限るべきである。
- **出血が持続するようであれば、出血が止まるまでヘパリン化を中止**する。これをするために、患者の状態が許せば、高流量の高度人工換気と昇圧薬を使用して **ECLS を離脱するのが最善**である。
- 患者が ECLS の離脱に耐えられなければ、ヘパリンを中止し、数時間 ACT を正常化させるのがよい。これによって出血が止まる可能性があるが、一方で回路内にクロットが形成される可能性がある。
- ヘパリンを中止する場合は、充填した回路をすぐに使えるよう常に準備しておく。

外科的処置

- ECLS 中には静脈穿刺から肝臓移植までの外科的処置が行なわれ、成功している。
- 胸腔チューブの留置といった小手術でさえ、電気メスが多用される。外科医にとっては、**凝固異常のある患者に手術を行うのと同様**である

ウィーニング

- 換気設定と昇圧薬を下げ、十分な補助を行なえる最低の流量を用いる。
- 生体の臓器機能が改善するにつれて体外循環の補助を低下させる。
- 体外循環による補助が**完全補助の 30%未満**になれば、ECLS を中止させても生体の心臓や肺の機能は十分であり、試験停止を試みる

試験停止

- VV アクセス中の試験停止は極めて簡単である。心機能は問題ないため生体肺のガス交換機能を調べればよい。
 - 人工呼吸器を ECLS 停止時に容認できる設定（呼吸数、プラトー圧、PEEP、FiO2）とする。

- 血流と抗凝固を維持し、**スウィープガスを止め、人工肺を切り離す**（Capirox では不可）。
 - 患者の SaO₂ と PCO₂ を監視する。
 - 容認できる呼吸器の設定で1時間以上肺機能が十分であれば、カニューラ抜去の準備をする。
- VA アクセス中の試験停止では、脱血ラインと送血ラインを遮断し、送脱血ライン間のシャントを介してゆっくり循環させる（Capirox にはブリッジ回路がない）
- 陽性変力薬や昇圧薬の投与量と呼吸器の設定を容認できる水準に調整する。
 - それから体外循環回路を遮断して、生体の循環とガス交換を監視する。
 - **試験停止中は心エコーが心機能評価に極めて有用**である。
 - 試験停止中は抗凝固を継続し、送脱血ラインとカニューラは血液の滞留を防ぐために定期的に遮断解除する。
 - 試験停止が成功すれば、回路を切り離し、カニューラをヘパリン加生理食塩液で「ロック」して、カニューラ抜去を待てばよい。

カニューラ抜去

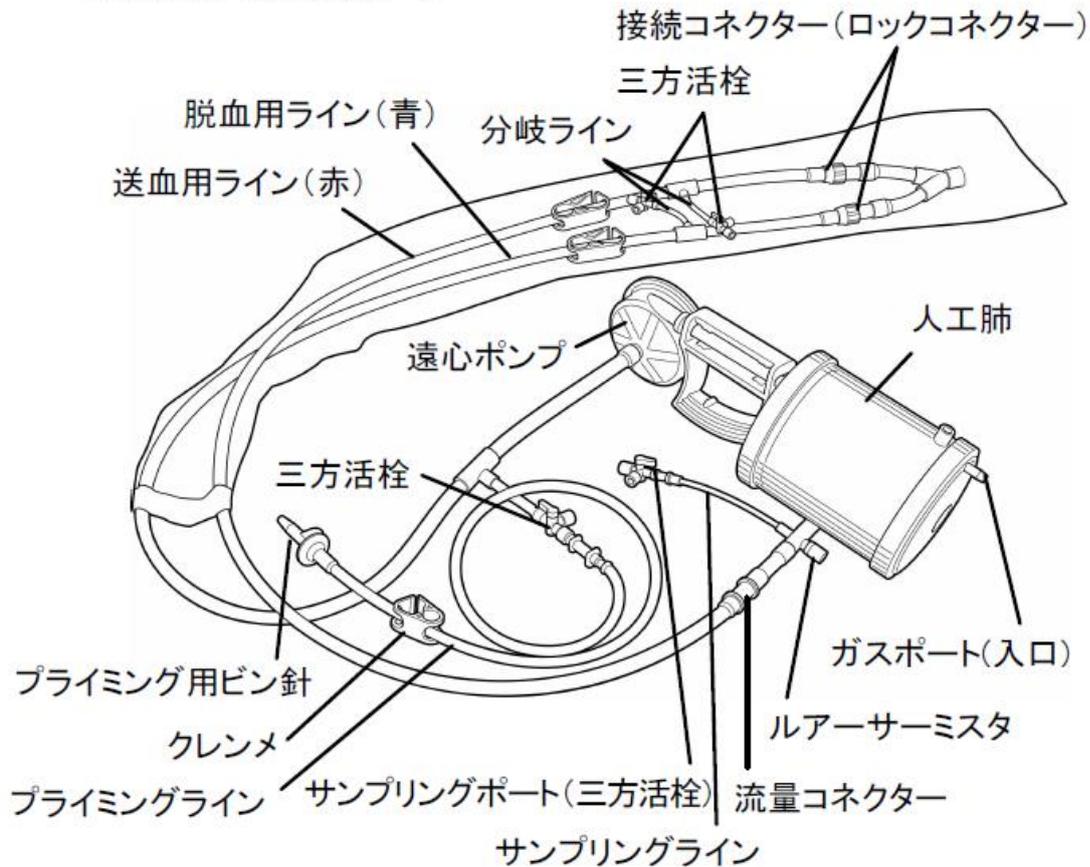
- カニューラは患者側の準備が整い次第抜去してよいが、理想的にはヘパリンを 30-60 分中止してからが望ましい。
- 直接のカットダウンで留置したカニューラはカットダウンで抜去する。
- 大腿動脈をカットダウンしてカニューレーションした場合は血管の修復が必要である。
- **経皮的に留置した静脈カニューラと動脈カニューラは直接抜去し、局所の圧迫で出血を制御**する。

無益な場合の補助停止

- 健康な生存がまったく望めない場合（重篤な脳傷害、心臓や肺が回復しない、心補助装置や移植による臓器の置換が望めない）は、ECLS を直ちに止めるべきである。
- **無益であると判断した場合に停止することは、ECLS を開始する前に予め家族に説明しておく。**
- 不可逆性の心肺障害の定義は、患者や施設の資源に依存する。それぞれの症例で、経過の早期に臓器の回復や置換について、合理的な期限を設定するべきである。
- **ECLS を 50 日間使用したのち肺が回復した症例もある。**

Terumo Capiox 使用上の注意

<構造図（代表図）>



コード番号：CX-XQA

【警告】

<使用方法>

- 循環開始前に**プライミングラインが閉じている**ことを確認すること。気泡の混入又はリークする可能性がある。
- 循環開始前及び循環中は**三方活栓が閉じている**ことを確認すること。気泡の混入又はリークする可能性がある。
- 循環中に**遠心ポンプから異音発生等の異常が認められた場合には、本品を交換**すること。回転摺動部に血液が浸入し、血液損傷の増大、あるいは、本品が停止して血液の循環が行えなくなる可能性がある。
- **脱血用ライン(青)をクランプしない**こと。ポンプ内が陰圧となり、気泡が発生する可能性がある。

る。

- 脱血用ライン(青)の分岐ラインを開かないこと。脱血ラインは陰圧になっているため、気泡混入の可能性がある。
- 送血用ライン(赤)、脱血用ライン(青)の分岐ラインから血液のサンプリングを行わないこと。気泡混入又はリークの可能性がある。
- サンプリングポート以外からの薬剤注入はしないこと。気泡混入の可能性がある。
- ガスポート（出口）は閉塞しないこと。ガス側圧力が上昇し、血液側へ気泡が混入する可能性がある。
- ガス流量は 20L/min 以下で使用する。過大なガス流量はガス側の圧力上昇を招き、血液側へ気泡が流入する可能性がある。
- 人工肺の取り付け位置を、患者より低い位置にすること。また、人工肺血液側への気泡の流入を防ぐため、人工肺血液側の圧力は常にガス側の圧力より高くすること。人工肺血液側の圧力がガス側圧力より低くなると、人工肺血液側に気泡が流入する可能性がある。
- 熱交換器付き仕様を使用の場合は、昇温時の熱交換器に流す水と血液との温度差は、15℃以内とすること。急激な加温は溶存気体の気泡化を引き起こす可能性がある。
- 接続コネクタを用いて接続する場合は、キャピオックスの経皮カテーテルキットの接続タイプ「ロックコネクタ」を用いること。他社の製品や、キャピオックスの経皮カテーテルキットの接続タイプ「3/8” ストレートコネクタ」を使用する場合は、送血用ラインと脱血用ラインそれぞれの接続コネクタの手前でチューブを切って接続し、締め具等で固定すること。気泡混入、血液流出を起こす可能性がある。
- 循環停止時には、送血用ライン(赤) をクランプすること。人工肺に陰圧がかかり、血液側に気泡が混入する可能性がある。
- 循環中、サンプリングポートからの薬剤注入はヘパリン以外しないこと。三方活栓が破損する可能性がある。
- 灌流停止時はガスを流さないこと。また、再循環時にガスを流すときは、血液のガス分圧に十分注意すること。必要以上にガスを吹送すると、PCO₂ の極端な低下、pH の上昇を招き血液損傷を増加させる可能性がある。
- 循環中は動脈血、酸素分圧等の監視を常に行い、性能が低下した場合は、ガス流量を一時的に

上げてファイバー内をフラッシュし、性能の回復を試みる。フラッシュのためのガス流量は20 L/min、時間は10秒とし、直ちに性能が回復しない場合は血漿リーク等が原因と考えられるため、フラッシュを繰り返さないで本品を交換すること。多孔質膜を使用した膜型人工肺は、長時間使用の場合や血液性状によっては膜の微細孔から血漿がリークして、ガス交換能が低下することがある。また、多孔質膜を使用した外部灌流膜型人工肺は長時間使用するとファイバー内部に水蒸気が凝集してガス交換能が低下すること（ウエットラング）がある。

キャピオックス遠心ポンプ

<使用方法>

- 減ヘパリン循環をしないこと。血液凝固が起こる可能性がある。
- 本品を吸引回路用として使用しないこと。意図した吸引動作ができない。
- 本品に液を充填しない状態で作動させないこと。回転摺動部等を破損する可能性がある。
- 最大回転数 3000rpm 以上では使用しないこと。血液損傷が起こる可能性がある。
- 本品に鉗子で叩く等の衝撃負荷を加えないこと。本品の破損、あるいは回転摺動部が破損し、異物の混入、又は気泡が流出する可能性がある。
- 6 時間を超えて使用しないこと。[血栓形成等により吐出能力が低下する可能性がある。]

注意

- 遠心ポンプの作動はプライミング液を十分満たしてから行うこと。十分に満たしていない状態で遠心ポンプを作動させると空運転状態となり、回転体の軸を破損する可能性がある。
- 遠心ポンプが間欠的に回転をしている間に、回路中の気泡が完全に除去されていることを確認する。このとき、人工肺サンプリングラインのサンプリングポートのキャップ（エアフィルター付）を外して、三方活栓を開放し、シリンジを使用してサンプリングラインの泡抜きを行う。
- 遠心ポンプは患者の動脈圧がポンプの吐出圧を上回ると血液が逆流する。循環開始時は、血液の逆流を防止する為、ポンプの吐出圧が患者の動脈圧を上回るまで送血用ライン（赤）のクランプは開けないこと。

循環終了

- 循環終了時は、逆流に注意して、送血用ライン（赤）を鉗子等でクランプ操作を行なう。その後モーター回転数調節つまみを回して「0」にした後「STOP（ストップ）」スイッチを押してモーターを停止させる。

- 遠心ポンプにかかる負荷（患者の動脈圧、回路抵抗）によって血液流量は変化する。注意して回転数を調節すること。
- 遠心ポンプは患者の動脈圧がポンプの吐出圧を上回ると逆流する。回転数を下げる場合は、逆流しないように注意して回転数を調節すること。

日本心臓血管外科学会
日本胸部外科学会
日本人工臓器学会
日本体外循環技術医学会
日本医療器材工業会
平成 19 年 3 月

PCPS に関する記述のみ抜粋

安全管理

a) 貯血槽および動脈フィルターを持たないため、空気混入時は除去されず血管内へ送気される危険がある：**回路からの輸液・脱血はしない**。脱血回路から空気を吸うような右房切開などの手術時は使用しない。

b) 最小限の抗凝固：抗血栓（ヘパリンコーティングなど）チューブや血流停滞箇所のない回路設計であっても、抗凝固レベルは変動するので、血栓形成の危険があり注意を要する。**流量が 2L/分以下の場合、抗凝固剤を通常より増量すべき**である。

c) 血液ポンプおよび人工肺の耐久性：**通常 3～7 日で交換を余儀なくされる**。ポンプからの異常音やガス交換能・血漿成分の漏れ（プラズマリーク）などを限界の目安にする。**交換時は、回路ごと全て交換することを第一選択とすべき**である。

d) **回路内圧をモニターしていない**：送血回路の過陽圧、脱血回路の過陰圧による流量維持困難や溶血の発生がわかりにくいため、異常を早期に発見するには開始当初のポンプ回転数と流量との関係や脱血チューブの振動などの観察に努めるべきである。

e) 移動する：手術室、ICU、検査室などに移動することがあるので、移動時、接触して破損や回路の閉塞を起こさないように留意する。あらかじめ、**バッテリー駆動、酸素ポンペを装備した小さなシステムを作るべき**である。

f) 体内の動脈血流分画：大腿動脈の人工肺酸素加血と自己肺酸素加血の境界を理解し、ガス分析や経皮的酸素飽和度モニターの部位を考慮する必要がある。多くの場合は腎動脈付近が混合領域であり、それよりも上流は自己肺酸素加能を、下流もしくは PCPS 送血回路血は人工肺酸素加能を反映する