

8. 補助循環

1. 補助循環とは
2. 経皮的心肺補助 (PCPS)
3. V-Aバイパス
4. 左心バイパス
5. ECMO

国立東静岡病院
手術室
後藤 亙

1. 補助循環 (assisted circulation) とは

機械的手段によって心臓のポンプ機能の一部、ないし大部分を補助。

《目的》

- 1) 全身臓器・組織への血流維持
- 2) 心臓負荷軽減
- 3) 冠血流を増加させ心筋への酸素補給増大

《種類》

1) 機械的前負荷軽減法

① 右心系補助

- a. 静動脈バイパス (V-Aバイパス)
- b. 右房バイパス (右心房-肺動脈バイパス)
- c. 右室バイパス (右心室-肺動脈バイパス)

② 左心系バイパス

- a. 左房バイパス (左心房-肺動脈バイパス)
- b. 左室バイパス (左心室-肺動脈バイパス)

③ 両心系補助

- a. 両心バイパス
- b. V-Aバイパス

2) 機械的後負荷軽減法

- ① IABP
- ② 各種バイパス法の拡張期駆出法
- ③ 体外式カウンターパルセーション法

2. 経皮的心肺補助 (PCPS)

PCPS: (percutaneous cardiopulmonary support)

1) 定義

大腿動静脈の経皮的アプローチで、血液ポンプと人工肺を有する閉鎖回路（オープンリザーバーを有さない）補助循環。

2) 適応

① 心肺蘇生

心停止・心原性ショックに対する緊急循環維持

②循環補助

a. 補助循環使用

薬物療法・IABP抵抗性の重症心不全

(心筋梗塞・心筋症・心筋炎・開心術後心不全)

b. 体外循環使用

a) 重症冠状動脈疾患PTCA時の補助循環

b) 心血管系手術時の補助循環

③呼吸補助

a. 重症呼吸器疾患の呼吸補助

b. 呼吸器手術時の補助手段

3) 構成 (図-1)

①人工肺

a. 多孔質中空糸の外部灌流型

b. 緻密質中空糸の外部灌流型

②ポンプ、ポンプ駆動装置 (内臓バッテリー付き)

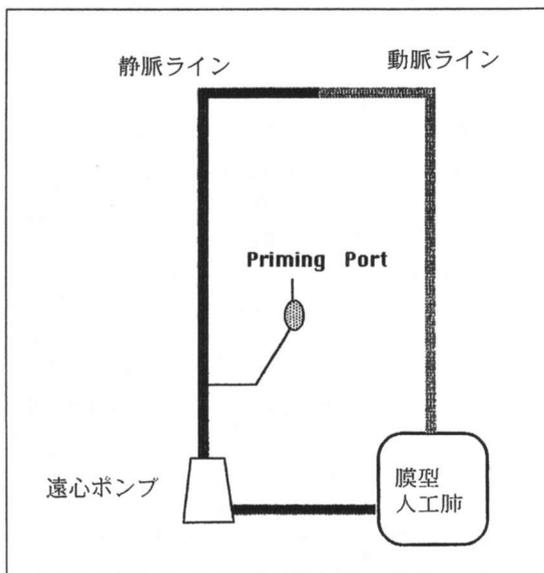
a. 遠心ポンプ

b. ローラーポンプ

③回路

④カニューレ (送脱血)

⑤酸素流量計付きポンベ



〔図-1〕 PCPS Circuit

4) 操作の実際

①カニューレーション

12～22 Fr の経皮的送脱血管

- * 補助流量でサイズを決定
- * X線透視下で行うと安全

②回路の充填

- a. 送脱血を連結した閉鎖回路にすると空気抜きが容易になる。
- b. プライミングポートより乳酸リンゲルを充填する。
- c. ポンプを駆動させることにより人工肺より空気が抜ける。

③回路の連結

- a. 回路をクランプした状態で脱血・送血カニューレに回路を接続する。
- b. 接続部はタイバンドで固定する。

④補助循環の開始

- a. 遠心ポンプの場合は1500回転に回転させてからクランプを解除する。
 - * 遠心ポンプは低回転では、動脈側から静脈側へ逆流が起こり危険!
- b. 脱血流量に注意しながら、目標補助流量に上げて行く。
 - * 脱血が悪い場合は陰圧がかかるので、流量を下げカニューレの位置を変更し、循環血液量の確認を行う。

5) 施行中の管理

①循環管理の目標値

- a. 補助流量 $\geq 2.2 \text{ L/min/m}^2$
- b. 平均動脈圧 $\geq 80 \text{ mmHg}$
- c. 中心静脈圧 = $5\sim 15 \text{ mmHg}$
- d. 肺動脈楔入圧 = $5\sim 15 \text{ mmHg}$
- e. 混合静脈血酸素飽和度 $\geq 70 \%$
- f. 尿量 $\geq 1 \text{ ml/kg/hr}$
- f. 左心不全増悪に注意!
- g. I A B P の併用で後負荷の軽減と冠状動脈血流量の増大効果あり。

②抗凝血薬療法

- a. ヘパリンの持続投与
- b. 目標 ACT $\geq 200\sim 250 \text{ sec}$
- c. 充填液内にヘパリン 5 mg 投与する。
- d. 維持量 $0.1\sim 0.6 \text{ mg/kg/hr}$
- e. supported-PTCA時はACTを400 secに保つ。

6) 合併症

- ① 不十分なヘパリン化による血栓形成
- ② 溶血
- ③ DIC
- ④ 送血管挿入による下肢の虚血
- ⑤ 腎不全

3. V-Aバイパス (veno-arterial bypass)

《部分心肺バイパス》

1) 適応

- ① 右心不全が最も良い適応。
- ② 多くは両心不全に用いられる。
- ③ 左心補助を必要とする場合は、IABP・拍動流ポンプでカウンターパルセーションを同時に行う必要がある。

2) 方法

- ① 送血：大腿動脈
- ② 脱血：大腿静脈より右房脱血

* 開心術後のLOSでは、術中の送脱血管をそのまま使用する場合もある。

* 落差脱血では、太いカニューレを使用し十分な脱血を得ることが重要である。

3) 管理

- ① 動脈圧・中心静脈圧・左房圧（又は肺動脈楔入圧）・体温・心電図・尿量などをモニタする。
- ② 脱血量は中心静脈圧・左房圧があまり上昇しないよう調節する。
- ③ 抗凝固療法が必要。

4) 合併症

- ① 出血
- ② 溶血
- ③ 末梢循環不全
- ④ 腎不全
- ⑤ 脳障害

《胸腹部大動脈瘤手術の補助循環として》 (図-2)

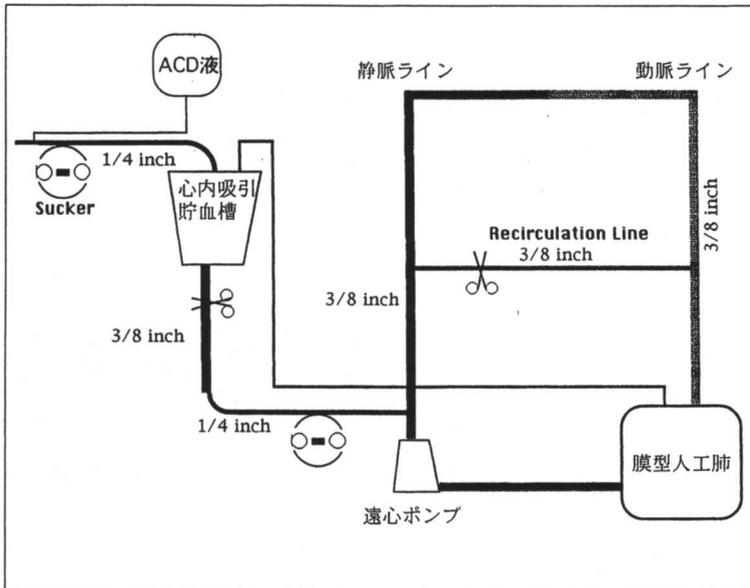
①上半身は自己心臓, 下半身は閉鎖式 V-A バイパスとする。

②回路 (全て抗凝固処理したもの)

熱交換器内臓人工肺、遠心ポンプ、心内吸引貯血槽、FF バイパス回路
術野の吸引にはセルセーバー用ダブルルーメンチューブを使用し、ローラーポン
プで行う。回路内凝固と ACT の延長を防ぐため、ACD・A 液を使用する。

③抗凝固療法

初回投与量：ヘパリン 1 mg/kg (目標 ACT 200~300 sec)



〔図-2〕 F-F Bypass and Auto Transfusion System

4. 左心バイパス

左心不全の補助手段として用いる。

1) 方法

左開胸または胸骨縦切開で、左心房に脱血管を挿入、血液ポンプで大動脈または大腿動脈に送血する。

2) 適応

I A B P や V-A バイパスで対処できない重篤な心不全。

5. ECMO (extracorporeal-membraneoxygenation)

重症呼吸不全で従来の治療法では回復の見込みがなく、重篤な低酸素血症を救命する目的で行う膜型人工肺を用いた体外循環。

1) 適応

- ①急性呼吸不全
- ②新生児の胎児循環残存症
- ③肺・心臓の病変が不可逆的な重症呼吸不全

2) 装置

- ①膜型人工肺
- ②送脱血カニューレ
- ③体外循環回路
- ④血液ポンプ (遠心ポンプ・ローラーポンプ)

3) 方法

①静脈-動脈バイパス (V-A バイパス)

送血: 大腿動脈・右腋動脈
右総頸動脈 (新生児)

* 大腿動脈で送血する場合、バイパス率 ($\frac{\text{バイパス血流量}}{\text{バイパス血流量} + \text{心拍出量}}$) が低いと、上半身の酸素加が不十分となりやすい。

②静脈-静脈バイパス (V-V バイパス)

送血: 大腿静脈・大伏在静脈・外頸静脈

- * 循環動態への影響が少ない。
- * 右心・左心補助が得られない。

4) 管理

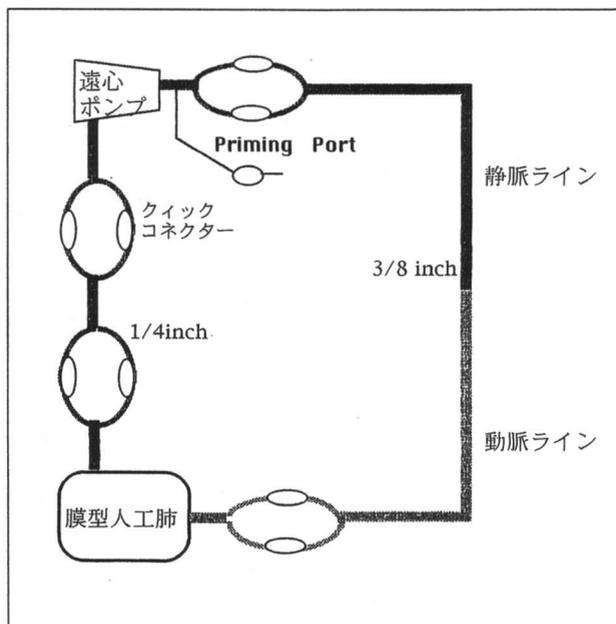
- ① 血行動態の観察
- ② 血液ガス分析
- ③ 抗凝血薬療法 (ACT = 150~200 sec)

5) 合併症

- ① 出血傾向
- ② 心不全
- ③ 敗血症
- ④ 末梢循環不全

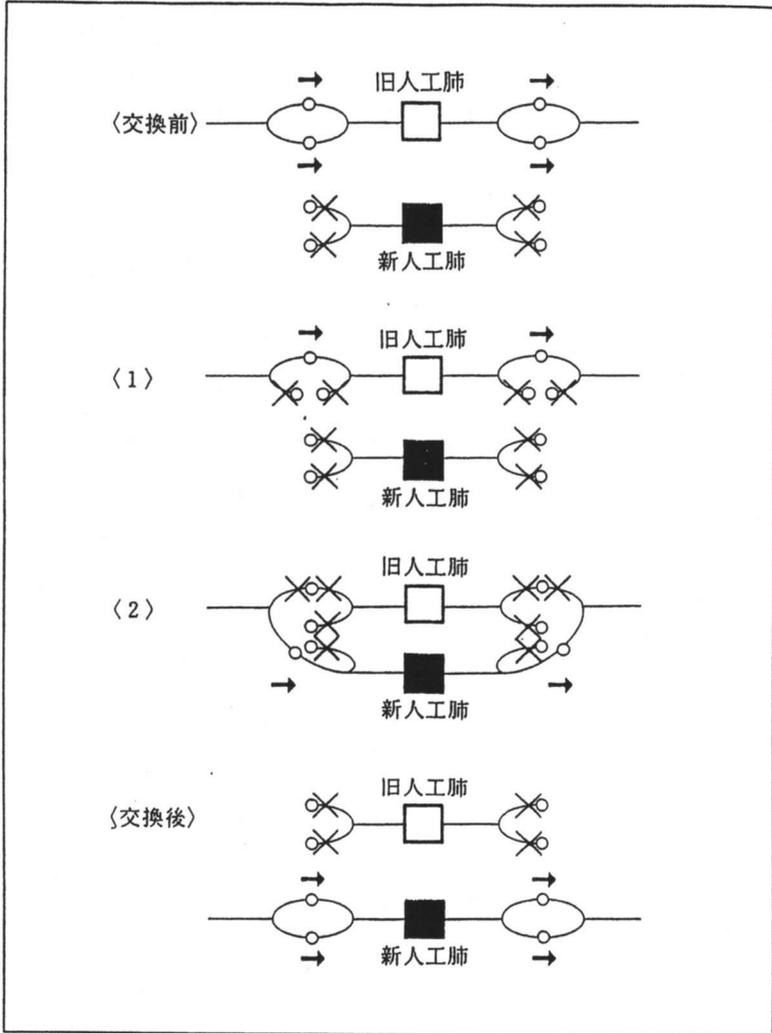
6) 人工肺、ポンプ交換について

- ① 長期使用時間問題となってくるのが、人工肺・ポンプの交換である。
交換時に循環補助を停止することなく時間的に余裕をもって行えるように、ダイヤモンドループをもつ回路がある。(図-3)



〔図-3〕 ECMO Circuit

②交換手順 (図-4) 2)



〔図-4〕 人工肺交換図

参考文献

- 1) 笹子佳門:補助循環の新しい展開 PCPS(V-A バイパス) HERT NURSING VOL7 No9 :50~54, 1994
- 2) 後藤 互, 笹子佳門:ポンプ 人工肺交換時循環停止を伴わない ECMO 回路の試作
人工臓器 23:918~20, 1994