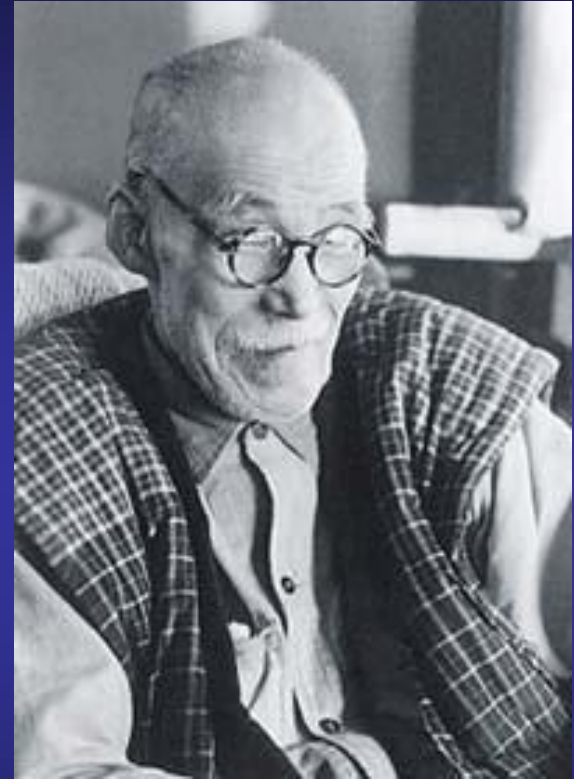


(4) ECMOの適応と運用 日本医大方式

我々が起源

僕の前に道はない
僕の後ろに道は出来る

高村光太郎「道程」より



ECMOを使用する理由

- 重症呼吸不全に対して、呼吸器設定の工夫での治療には、限界がある。

「Open Lung Approach」が肺の回復によいという証拠はない

- 重症呼吸不全に対して、従来の人工呼吸管理よりECMOのほうが予後が良好であったとの報告がある。
(CEASAR)

当院で行う理由

- 成人呼吸不全に対するECMOに精通した施設は日本にない
- 日本医大集中治療室は、PCPS・呼吸管理両方に精通している
- 2010年より、カロリンスカ大学ECMOセンターへの見学を通し、基礎知識と管理法の習得

ECMOの原則

- チーム医療である
- センター化しなければ、成績は向上しない
- 慣れていない施設では、行うべきではない
- 現在のPCPS回路では不十分

本勉強会の目標

- 適応・治療方針の概観を統一すること

<注意>

- ELSOガイドラインとカロリンスカ大学での管理を参考に作成した
 - 日本の現状にマッチしない可能性がある
- 以下述べることは概観であり、実際の管理では、これと異なる場面は十分ある
- ある程度症例を積み重ね評価した上で、今後変更することがある

アウトライン

■ 適応

- － 適応疾患
- － 除外基準

■ 運用

- － 回路関連
- － 循環動態
- － 呼吸管理
- － 腎機能・水分バランス
- － 血算・凝固・輸血
- － 鎮静

ECMO特有の管理

■ 最後に

適応

適応疾患

- ウイルス肺炎
- 細菌性肺炎
- カリニ肺炎
- 嚥下性肺炎
- 術後・外傷によるARDS
- 敗血症によるARDS
- 白血病・悪性リンパ腫によるARDS

肺機能が可逆的であること

適応の病態

人工呼吸器による治療に反応しない
可逆性の急性呼吸不全

■ ECMOの積極的な適応

- P/F比 < 80 mmHg
Murray Score ≥ 3
- コントロール不能な
pH < 7.2 高CO₂血症

■ ECMOを考慮する状態

- P/F < 150 mmHg
Murray Score ≥ 2
数日以内に改善する見込み
が少ない

項目	点数
胸部レントゲンスコア	
肺水腫: 全体の0%	0
全体の25%	1
全体の50%	2
全体の75%	3
全肺野	4
低酸素スコア	
PaO ₂ /FiO ₂ : ≥ 300	0
225-299	1
175-224	2
100-174	3
< 100	4
PEEP スコア	
PEEP: < 5 cmH ₂ O	0
6-8 cmH ₂ O	1
9-11 cmH ₂ O	2
12-14 cmH ₂ O	3
≥ 15 cmH ₂ O	4
コンプライアンススコア	
コンプライアンス: ≥ 80 ml/cmH ₂ O	0
60-79 ml/cmH ₂ O	1
40-59 ml/cmH ₂ O	2
20-39 ml/cmH ₂ O	3
< 19 ml/cmH ₂ O	4
各項目の合計点を採用した項目の数で除した点数	
肺障害なし	0
軽度～中等度の肺障害	0.1-2.5
重度の肺障害	> 2.5

除外基準

- 不可逆性の基礎疾患
 - 骨髄移植後
 - 末期癌
 - HIV
-
- 30kg以下 ……システムが適応できない
 - 75歳以上 ……高齢 / ECMOの効果が不明

適応疾患

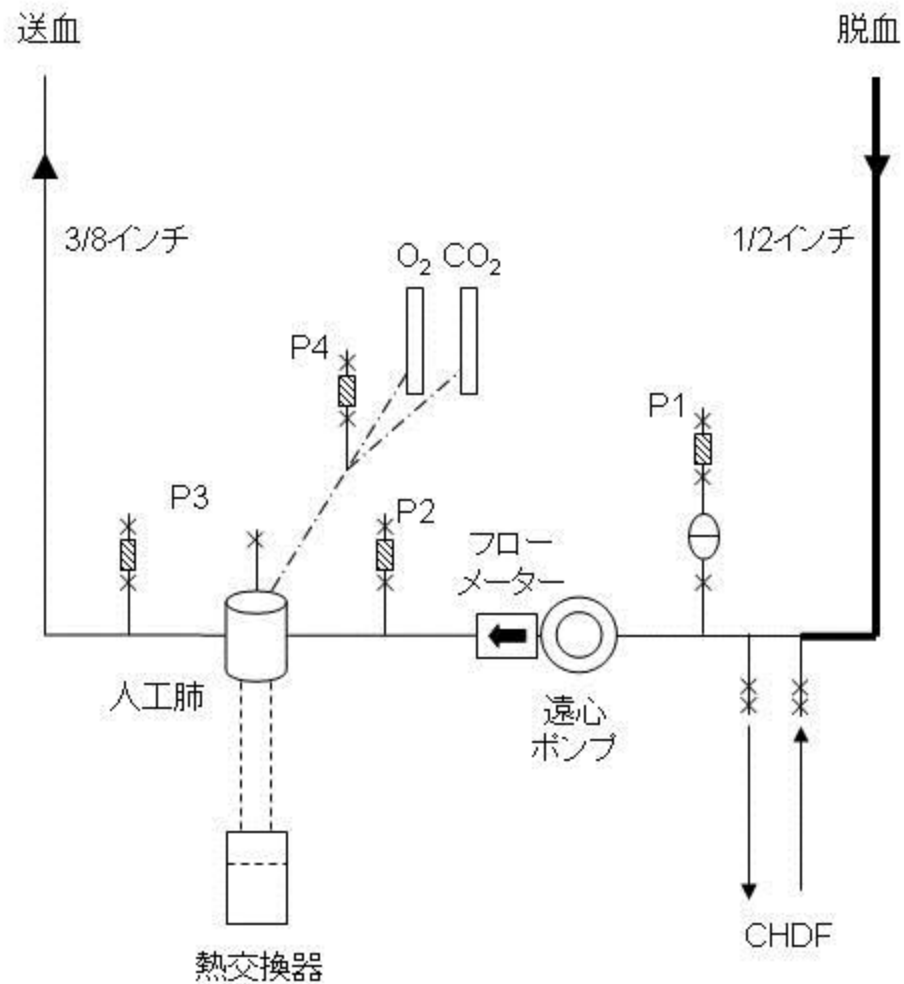
下記は除外基準にあてはまらない

- 体重(肥満)
- 人工呼吸器日数
- 多臓器不全
- 免疫不全状態
- 重症感染症

運用

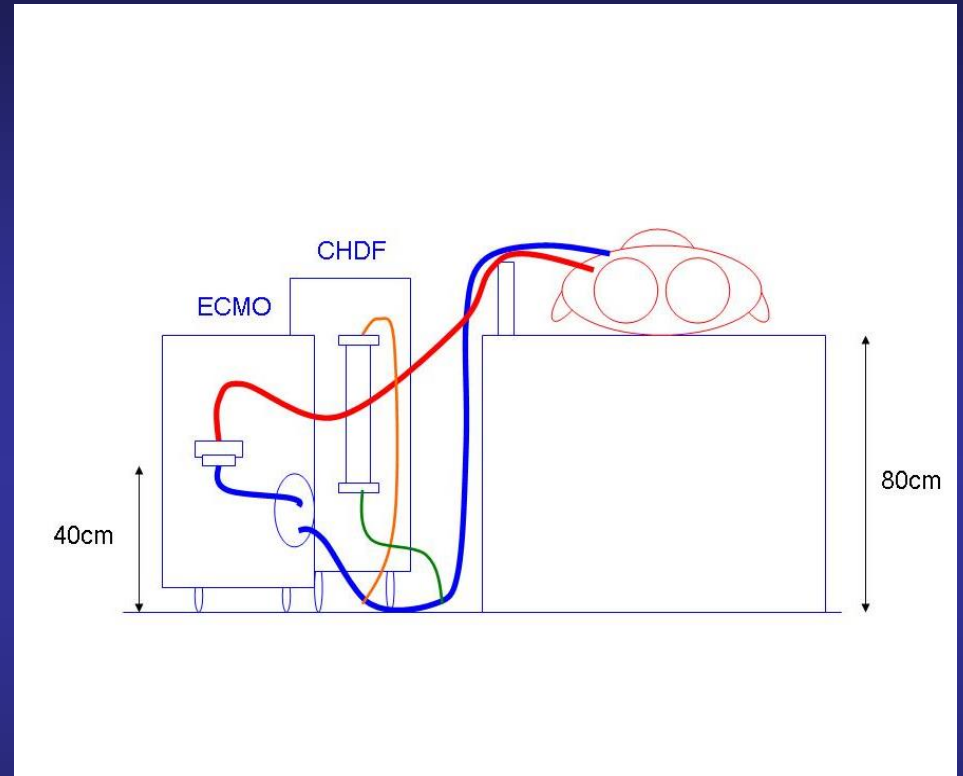
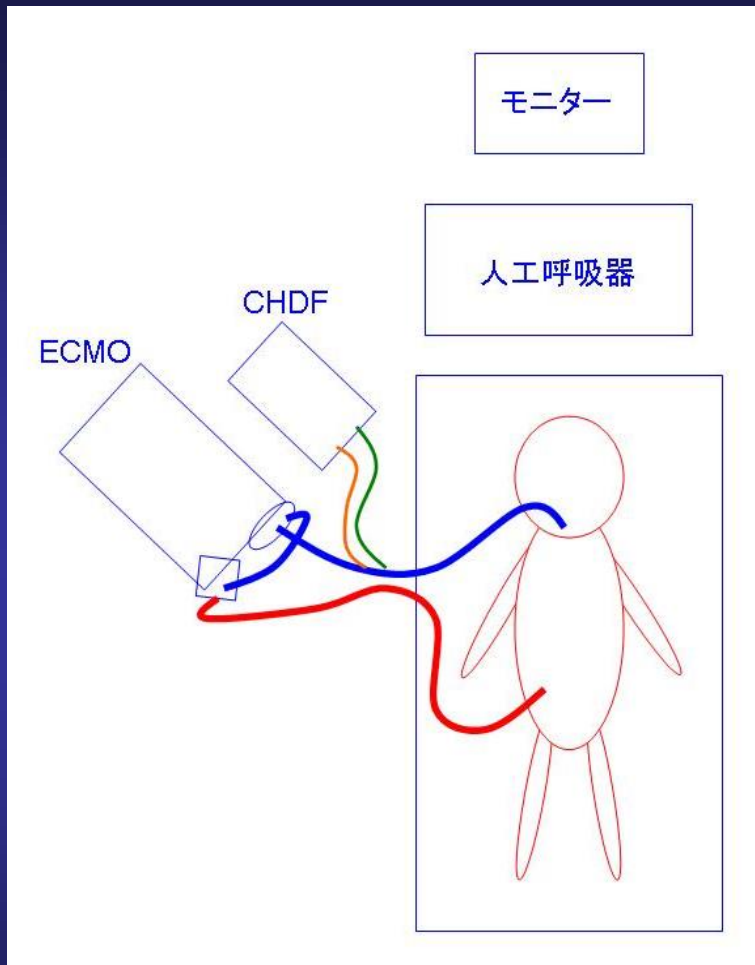
回路関連

ECMO回路

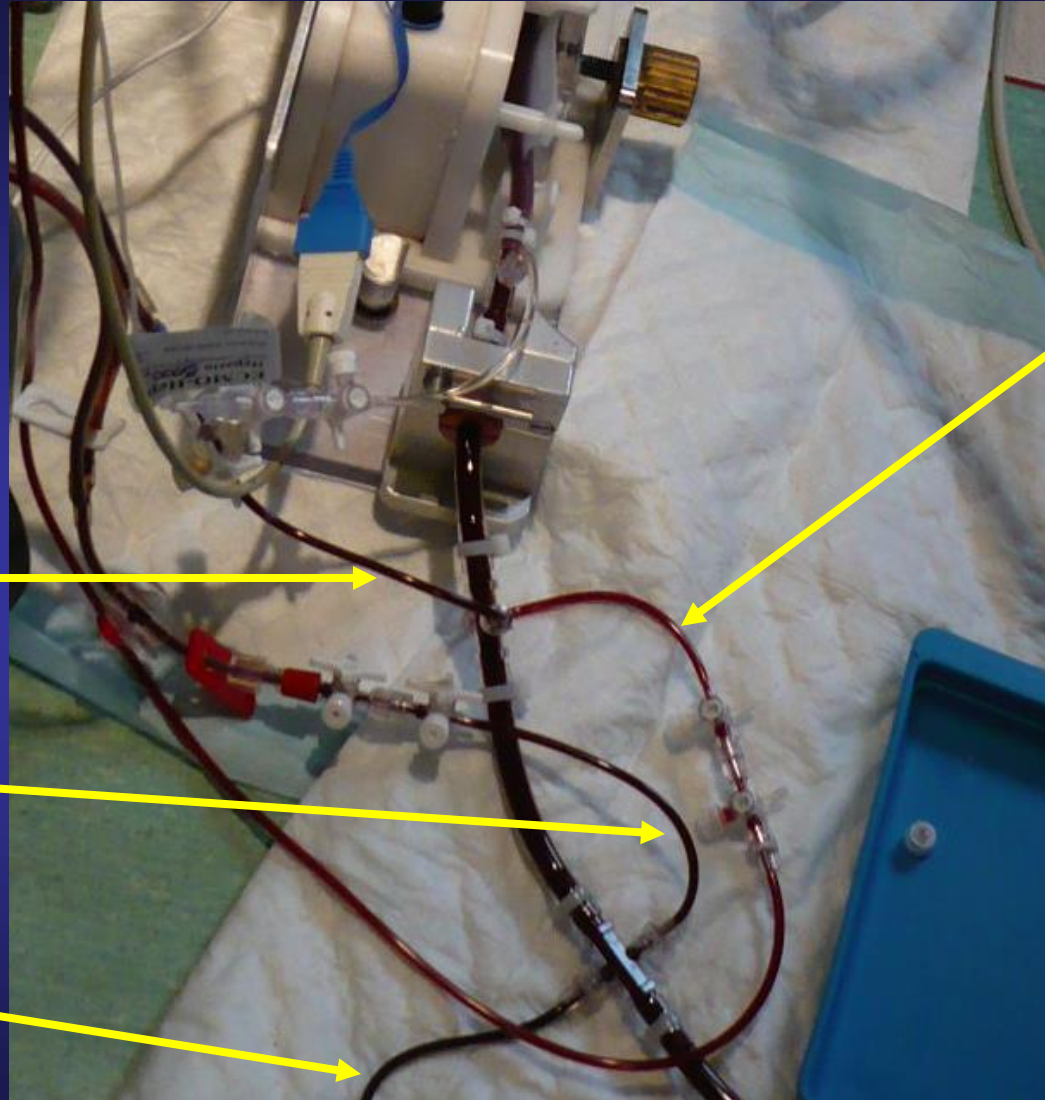


ECMO回路図

配置



配置



脱血圧ライン

CHDF脱血

CHDF送血

シャント回路

通常の血管アクセス部位

- 右内頸静脈・・・脱血
- 大腿静脈(VV ECMO)・・・送血
- 大腿動脈(VA ECMO)・・・送血



カニューレサイズ(目安)

★あくまで目安である。

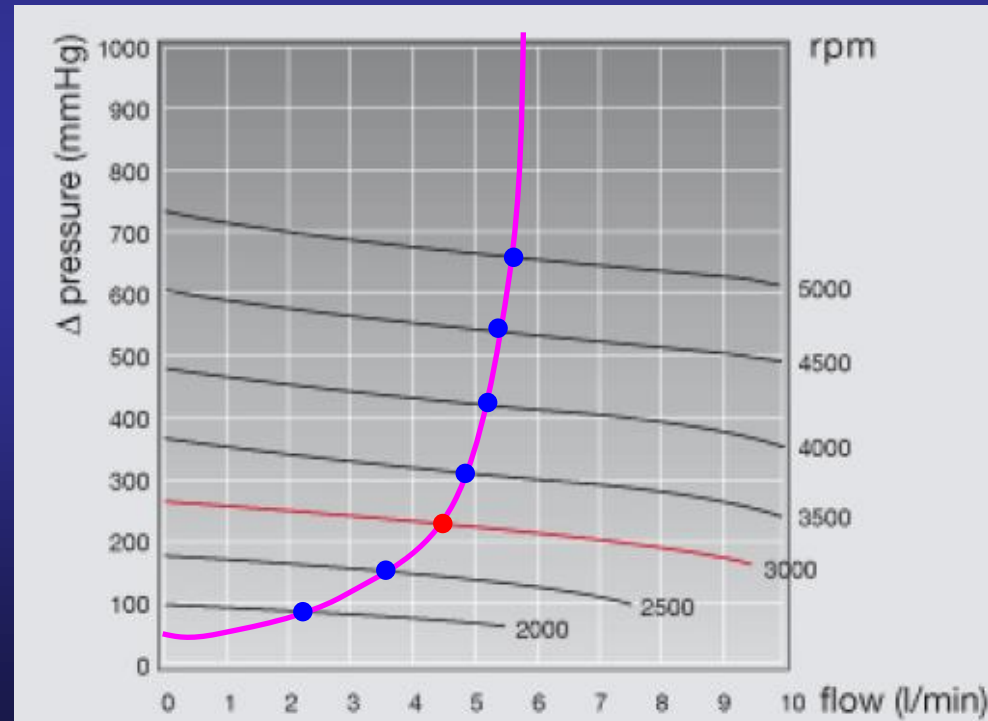
体表面積 (体重)	脱血 (18cm)	脱血 (50cm)	送血 (大腿静脈)	送血 (大腿動脈)
1.0 – 1.3 m ² (30 - 45kg)	19Fr 18cm (6.3mm)	23Fr 50cm (7.7mm)	17Fr 18cm (6.3mm)	17Fr 18cm (5.7mm)
1.3 – 1.6 m ² (45 - 60kg)	21Fr 18cm (7.0mm)	23Fr 50cm (7.7mm) *BSA>1.5: 25Fr	17Fr 18cm (6.3mm)	17Fr 18cm (5.7mm)
1.6 – 1.8 m ² (60 - 70kg)		25Fr 50cm (8.3mm)	19Fr 18cm (7.0mm)	19Fr 18cm (6.3mm)
1.8 – 2.1 m ² (70 - 85kg)		27Fr 50cm (9.0mm)	19Fr 18cm (7.0mm)	19Fr 18cm (6.3mm)
2.1 – 2.4 m ² (85 - 110kg)		29Fr 50cm (9.7mm)	21Fr 18cm (7.0mm)	21Fr 18cm (7.0mm)

遠心ポンプ

- 通常 3000rpm 以下で十分な流量が得られる
- 3500rpm 以上にはしない
- 回路内圧をみながらコントロール

脱血カニューレ閉塞しても
→ 脱血圧 -300mmHg以下にならない

送血カニューレ閉塞しても
→ 送血圧 400mmHg以上にならない



遠心ポンプ流量 (VV)

VV ECMOでの、流量目標

体表面積 $\times 2.0 \sim 2.4$ L/min

(体表面積 1.73m^2 であれば、 $3.5 \sim 4.2$ L/min)

■ $\text{SpO}_2 > 70\%$

■ cSvO_2 65-70%

cSvO_2 : 回路脱血側の酸素飽和度

■ $\text{SvO}_2 > 50\%$

■ リサーキュレーション率(R) = $0.3 \sim 0.5$

$$R = \frac{\text{cSvO}_2 - \text{SvO}_2}{1 - \text{SvO}_2}$$

遠心ポンプ流量 (VA)

VA ECMOでの流量目標

全肺機能の消失時: 体表面積 $\times$ 2.0 L/min

肺機能の回復や心機能・血圧を見て流量調節必要

- 右上肢の $\text{SpO}_2 > 80\%$
- cSvO_2 60-65%
- $\text{SvO}_2 > 50\%$
- 心拍出量 + ECMO流量 $>$ 体表面積 $\times$ 2.4L/min
- 脈圧が少なくとも 10mmHg を維持する

人工肺・ガス供給

- 供給ガスは、 O_2 ・Air・ CO_2 が混和したものを使用する
- CO_2 量は、全体の5%以下とする
- 総供給ガス量を 5L/分 以下にはしない

■ 完全鎮静時

- $PaCO_2$ 40～50mmHg

■ 覚醒時

- 患者にとって最も心地よい CO_2 濃度にする
($PaCO_2$ は若干低めで、若干アルカレミアにした方が患者にとって心地よいことが多い)

アラーム設定

■ 流量アラーム設定

– 下限値 必要流量 $\times 0.8$ L/min

■ 圧アラーム

- P1(脱血圧) : 下限値 -50 mmHg ... 脱血不良
- P2(肺前圧) : 上限値 400 mmHg ... 人工肺消耗
- P3(送血圧) : 上限値 350 mmHg ... 送血不良
- P4(ガス圧) : 下限値 5 mmHg ... ガス供給停止

P2- P3 < 50 mmHg ... 人工肺の凝血

■ cS_{VO_2}

– 上限値 75% ... リサーキュレーションの増加

循環動態

ECMO中の循環動態

■ VV ECMO

- 循環動態: 生理的な血行動態に依存
- 循環作動薬での心拍出量・血圧・血管抵抗調整

■ VA ECMO

- 循環動態: ポンプ＋心拍出量・血管抵抗に依存
- 平均動脈圧 60-80 mmHg
- 脈圧 > 10mmHg

VA への移行

VV ECMO時の血行動態の判定には、 SvO_2 よりも心エコーが有用である。

- 右心不全の徴候
 - － 肺高血圧症（尿量低下・肝腫大）
- 心嚢水貯留
- 致死性不整脈の出現
- 血圧低値・多量のカテコラミンが必要
- 水分バランスのコントロールがつかない

呼吸管理

呼吸器設定

■ Rest Lung 設定

- $\text{FiO}_2 < 0.4$
- $\text{PIP} < 25 \text{ cmH}_2\text{O}$
- $\text{PEEP} < 10 \text{ cmH}_2\text{O}$
- CMV時：呼吸回数 10回/分
立ち上がり時間 0.5秒
- 覚醒時：患者にとってもっとも心地よい呼吸器設定

気胸・胸水

- 胸腔ドレーン留置は高率で出血合併症を引き起こすので、多くは保存的治療を行う。
- 50%以下 気胸→2日呼吸器を停止する
胸水→保存的治療
- 50%以上で循環動態へ影響を来たす場合
→セルジンガー法 CVカテーテル使用しドレナージ

腎機能・水分バランス管理

水分管理の目標

水分管理の目標はドライウエイトに戻し、それを維持すること。

敗血症患者やECLS開始時の急性炎症状態では、「capillary leak」を生じており、それが過剰な輸液により、さらに悪化する。

- 血行動態的に安定した時点で利尿を開始すべき
→ 輸液負荷が必要 … VA ECMOを考慮
- 十分な利尿が得られない場合は、CHDF開始
- 目標: ドライウエイト $\pm 5\%$ 以内、浮腫の消失

CHDF

- アクティブなcapillary leakを認めている患者では、薬剤による利尿に反応しないことが多い
- 薬剤による利尿が反応しない場合には、CHDFを開始する (多くの場合 CHDFを併用する)
- CHDFは回路に取り付ける。
 - $P1 > 0 \text{ mmHg}$ ・・・脱血は脱血回路より
 - $P1 < 0 \text{ mmHg}$ ・・・脱血は人工肺より
- サイトカイン除去を目的とする場合
 - high volume filtration (置換液 $> 2000\text{ml/hr}$)

血算・凝固・輸血

血算・凝固

赤血球数・血小板数・凝固因子は、微小出血や回路表面への接触に伴う血小板・凝固因子消耗により、多くの場合低下する

<目標値>

- Hb > 12 g/dl
- Plt > 10×10^4 /mm³
- Fibrinogen > 250mg/dl
- AT III > 80%

凝固

ECMO中は、ヘパリン持続静注により、凝固活性を低下させる。

- ACT 180～200秒

出血時: ACT 140 ～160秒

- APTT 正常値の1.5～2.5倍: 48～80秒

ECMO中の輸血量

■ 一日あたりの平均輸血量

RCC 400ml ± 282ml ... 2.8単位

FFP 203ml ± 131ml ... 1.6単位

Plt 193ml ± 153ml ... 9.7単位

計 796ml ± 470ml

Lindén V, Palmér K. High survival in adult patients with acute respiratory distress syndrome treated by extracorporeal membrane oxygenation, minimal sedation, and pressure supported ventilation. Intensive Care Med. 2000 Nov;26(11):1630-7.

鎮靜

■ 筋弛緩

- 静脈カニューレ挿入時 侵襲性の高い処置・手術
- 気管からの血漿リーク時
- 低体温療法

■ 鎮静

- ECMO導入後 24-48時間
- ほとんど換気が得られない状態
- 水分過多・循環動態不安定

■ 覚醒

- 上記以外
- 気管切開後

鎮静

- ECMOの一番のメリットは、重症呼吸不全でも覚醒させることができるということ
- 早期の気管切開
- 早期に水分バランスを整える

<問題点>

- 覚醒後の不穏対策

覚醒

- 肺のリンパドレナージをよくする
- 一回換気量を増やす
- 患者管理を容易にする
- 感染にも強くなる
- 患者との人間関係



患者にとって“心地よい”状態が最もよい

最後に

ECMOの基本的なコンセプト

- 肺にダメージを与えない
- 不要な出血は作らない
- ポンプは最高の友達
- 酸素飽和度は低くても許容する
- 肺高血圧症は、早期に気づく
- 右心不全になったら、VA ECMOに移行する
- 患者にとって「心地よい」状態が最もよい