JSEPTIC CE教材シリーズ
対象：レベル1
ICUで働く新人CE（1～3年目程度）

# V-A ECMO(PCPS)
## （施行編）

# もくじ

**第1章　VA-ECMO(PCPS)の開始までの準備**

1-1　カニュレーション挿入部位・方法
1-2　カニューレ・回路接続
1-3　開始時注意（術野側）
1-4　開始時注意（機械側）
1-5　開始直前チェック
1-6　酸素投与量はどの様に決める?

**第2章　VA-ECMOの開始**

2-1　開始するための必要な知識
2-1-1　開始時の回転数は?
2-1-2　鉗子の外す順番は?
2-1-3　人工肺の設置する位置は?
2-1-4　開始時の吹付ガスの設定は?
2-2　開始直後チェック
2-2-1　血液流量の確保の確認
2-2-2　再循環確認
2-2-3　エアーの混入、送血がないか
2-2-4　ガス交換ができているか?
2-2-5　抗凝固管理は？

**第3章　VA-ECMOの管理で必要なこと**

3-1　VA-ECMOの管理で必要なこと
3-1-1　設定
3-1-2　モニタリング
3-1-3　抗凝固管理
3-1-4　人工肺へのガス供給
3-1-5　下肢送血

**第4章　VA-ECMOの離脱**

4-1　離脱基準
4-2　ON-OFF Test
4-3　離脱
4-4　離脱後は?

# 第1章　VA-ECMO（PCPS）開始までの準備

## 第1章の到達目標

- VA-ECMO（PCPS）を開始までの準備、チェックできる。

# 1-1　カニューレ挿入部位・方法

- 基本的に送血部位に大腿動脈、脱血部位に大腿静脈からアプローチされる。

## セルジンガー法

- 穿刺にてガイドワイヤーを挿入し、カニューレを留置する。全ての操作がスムーズにできれば、留置までの時間は短く、出血も少ない。
- 穿刺が難渋すると、出血、血腫形成などの合併症が起こる可能性がある。

## カットダウン法

- 皮膚を切開し、血管を露出させ、血流を遮断し、血管を切開してカニューレを留置する。確実なカニュレーションができ、合併症も回避できることが多い。
- 外科的手技の習熟が必要で、一般的には時間を要する。

## セミセルジンガー法

- 皮膚を切開し、血管を露出させ、血流を遮断させずに穿刺してカニューレを留置する。
- 迅速性、確実性、柔軟性などで、優れているとされている。

# 1-2　カニューレ・回路接続

- カニューレと回路が同じメーカー（テルモ、泉工医科工業）の場合、回路のコネクタを外し、専用コネクタ付きカニューレと接続が可能なものがある。
- 専用コネクタ付きカニューレでない場合は、回路を切断してカニューレと接続する必要がある。

# 1-3　開始時注意点（術野側）

- 回路切断前に、回路にクランプされているか確認する。
- 回路を切断し、カニューレと接続するが、エアーを完全に抜く。

- 回路付属のクランパでは十分にクランプできないことがあるため、なるべく使用は避ける。使用した場合、開始前に完全に開放されているか確認する。

# 1-4　開始時注意点（機械側）

- 回路をカニューレと接続する際に回路を切断する必要があるが、回路が循環したままだと充填液の噴出や回路内にエアーを吸い込む可能性があるので注意する。

- 回路付属のクランパでは十分にクランプできないことがあるため、なるべく使用は避ける。使用した場合、開始前術野側が完全に開放されているか確認する。

# 1-5　開始直前チェック

- カニューレと回路が接続されたら、クランプを解除すれば開始できるが、クランプ解除の前に確実に施行するためにチェックを行う。

| 回路側チェック項目　例 |
| --- |
| 回路内エアーの除去 |
| プライミングラインの閉鎖 |
| 人工肺へのガス供給 |
| フローセンサ装着 |
| 電源供給 |

| 術野側チェック項目　例 |
| --- |
| エアーの除去 |
| クランプの有無 |
| 三方活栓（エア抜き用の回路枝付き）の向き |
| カニューレと回路の接続（赤：動脈、青：静脈） |

# 1-6　酸素投与量はどの様に決める?

- 設定にはFIO2と酸素流量である。
- 酸素化はFIO2、換気は酸素流量と考える
- 初期設定の目安として、

  **<u>血液流量：O2流量=1:1</u>**

  で開始する。

# チェックテスト

正解はこちらへ

- 開始する前に回路側の最低限のチェックは、

| 回路側チェック項目 |
| --- |
| (①)の除去 |
| (②)の閉鎖 |
| 人工肺への(③)供給 |
| (④)装着 |
| (⑤)供給 |

# チェックテスト解答

- 開始する前に回路側の最低限のチェックは、

| 回路側チェック項目 |
| --- |
| （気泡）の除去 |
| （プライミングライン）の閉鎖 |
| 人工肺への（ガス）供給 |
| （フローセンサ）装着 |
| （電源）供給 |

# 第2章　VA-ECMOの開始

第2章の到達目標

- VA-ECMOの開始時の注意点が説明できる

# 2-1　開始するための必要な知識

開始時の回転数は?

鉗子の外す順番は?

人工肺の設置する位置は?

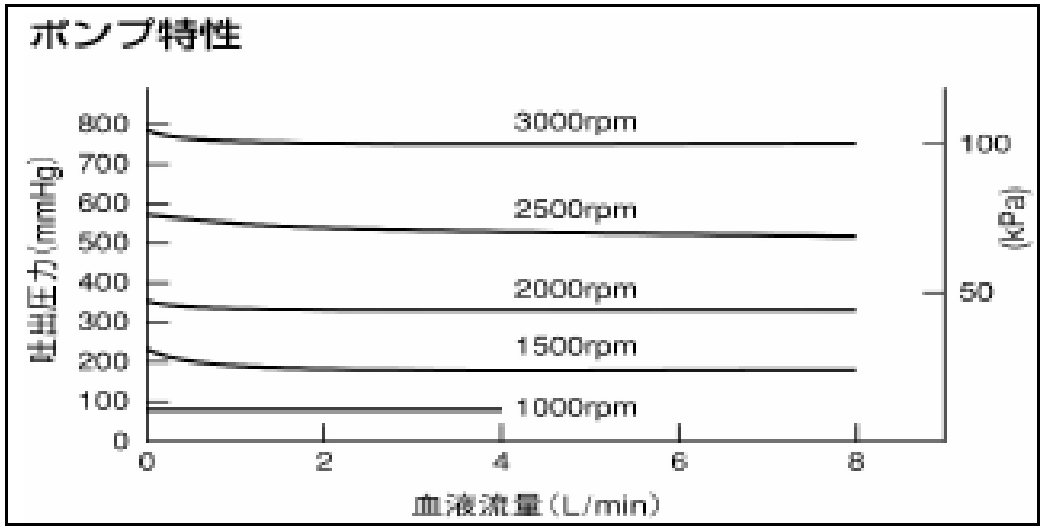
開始時のガス流量、酸素濃度は?

# 2-1-1　開始時の回転数は?

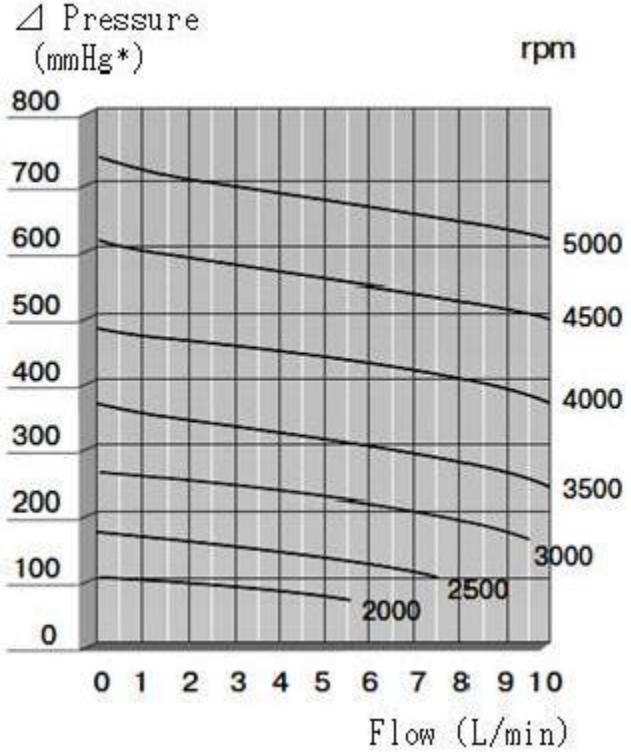
- 回転数を0rpmでスタートすると、動静脈圧力差により、血液が回路を逆流する。（動静脈シャントが形成される）
- スタートの回転数は、1000rpm？2000rpm？3000rpm？
- 遠心ポンプの特性を理解した上で、開始時の回転数を決定する。

# 2-1-1　開始時の回転数は?

- 吐出圧力が100㎜Hgの場合、キャピオックス遠心ポンプ（TERUMO）だと1000rpm、ローターフロー（MAQUET）は2000rpm必要となる。
- 必要な吐出圧力を作り出す回転数で開始するべきである。




キャピオックス遠心ポンプ（TERUMO）




ローターフロー（MAQUET）

# 2-1-2　鉗子の外す順番は?

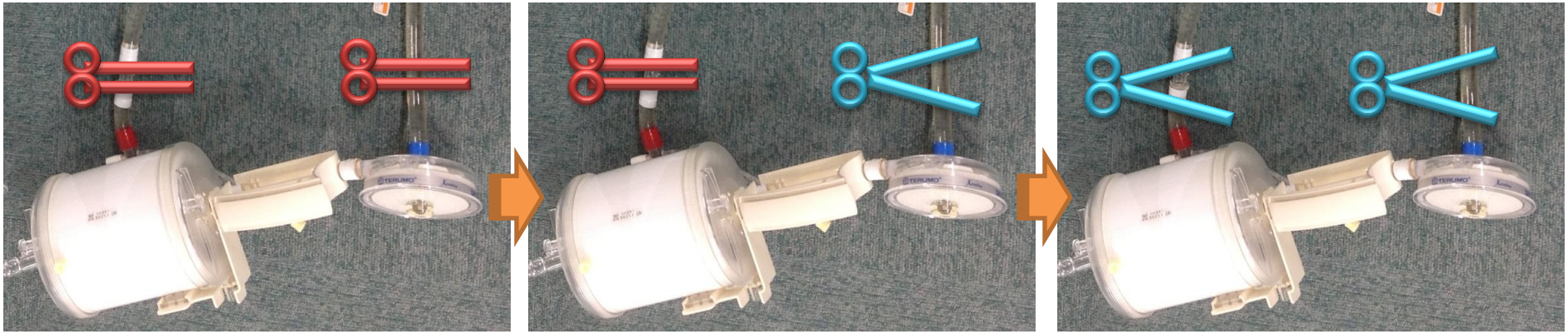
- 鉗子を外す順番は、

**<u>脱血側⇒送血側</u>**

送血側を先に外すと、遠心ポンプによって脱血側に過度な陰圧になる。

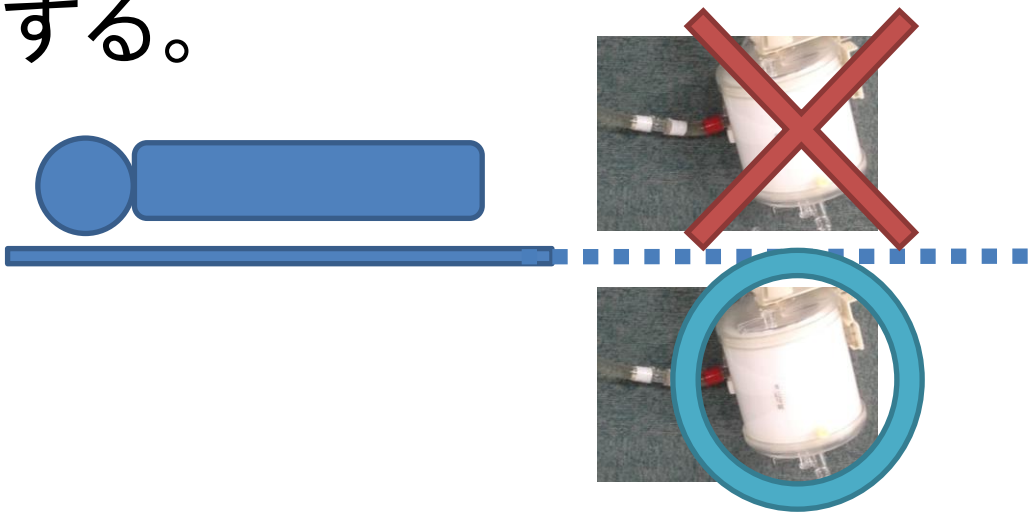
送血側の鉗子をかける部分は
人工肺と患者接続の間

※（常に人工肺には陽圧にする）
（人工肺が陰圧になるとエアーを引き込む）



# 2-1-3　人工肺の設置する位置は?

- 人工肺は、陰圧になると空気を吸い込むことがある。
- 絶対的に陰圧にならないように回路設計する。
- 設置する高さは、落差での圧格差も考慮し、基本的に患者よりも人工肺を低い位置に設置する。



# 2-1-4　開始時の吹付ガスの設定は?

- ガス流量設定（初期設定）は、

  目標血流量（ℓ/min）：ガス流量（ℓ/min）＝1：1

  程度を目安に設定する。

- 酸素濃度設定（初期設定）は、

  FIO2＝1.0（100%）

# 2-2　開始直後チェック

- □ 開始直後に確認する（できる）項目
  - □ 血液流量が確保できているか？
  - □ 再循環（VVカニュレーション）はないか？
  - □ エアーが送られていないか？
  - □ 送血側回路が酸素化できているか？
  - □ 抗凝固がなされているか?ACT確認。

# 2-2-1　血液流量の確保の確認

- フローセンサーが準備できていれば、体外循環開始後に流量が測定される。
- フローセンサーが装着されていない、キャリブレーションがされていなければ、すぐに測定出来るように設定、設置する。

※フローセンサの装着向きに注意

# 2-2-2　再循環確認

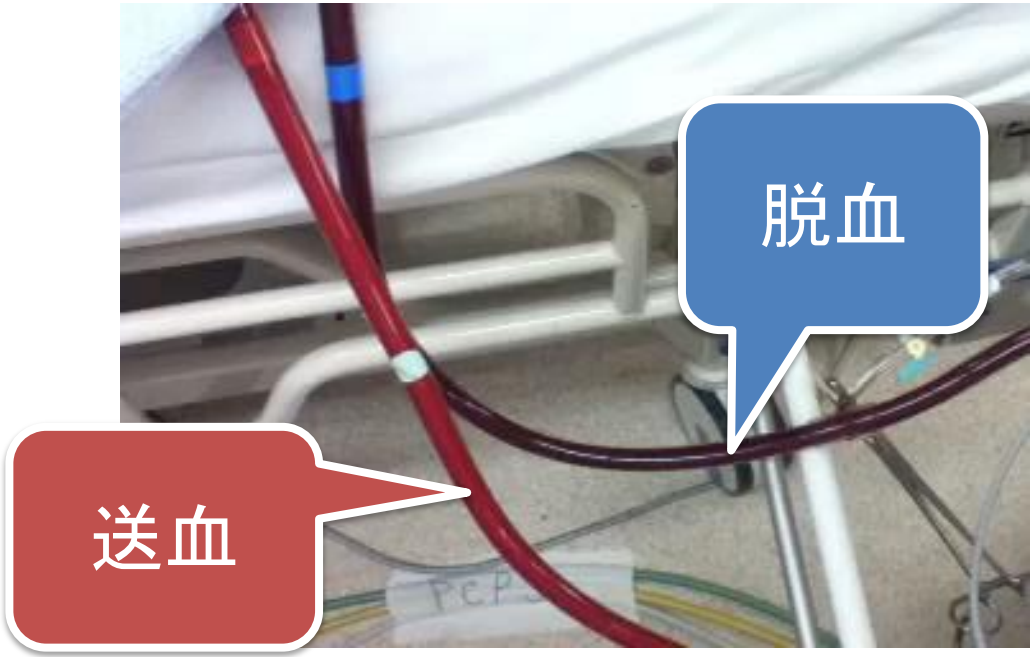
- 送血したプライミング液が脱血側から確認される、または脱血側の血液が薄い（色やHbで判断）
- 回路が血液に置換されたとしても、再循環している場合がある。血液ガスや脱血側の色等を確認する。
- 血液ガスを測定すると、PCO2が非常に低くなる可能性が高い。

# 2-2-3　エアーの混入、送血がないか

- テルモ社製SP-101は、エアー検知器がない。目視で確認しなければならない。
- エアーが混入する可能性がある部分は、回路内圧が陰圧の部分（遠心ポンプより脱血側）である。
- プライミング時に人工肺や遠心ポンプの裏側や見えにくい部分にエアーが残っている場合もある。

# 2-2-4　ガス交換ができているか?

- 送血側回路の血液ガス測定（PO2、PCO2、SO2等で確認）
- 送脱血回路の血液の色（酸素化されていると血液は鮮やかな赤色になる）



# 2-2-5　抗凝固管理は？

- 基本的にヘパリンが使用されることが多い。
- HIT（ヘパリン起因性血小板減少症）の患者には、メシル酸ナファモスタットやアルガトロバンを使用する。
- ACTは、コーティング回路で150～200sec、ノンコーティング回路で250～300secで管理が望ましいとされる。
- APTTも併用することを検討する。

# チェックテスト

正解はこちらへ

- 開始直後に確認する項目は、

□ （①）流量が確保できているか？

□ （②）はないか？

□ （③）が送られていないか？

□ 送血側回路が（④）できているか？

□ （⑤）がなされているか?（⑥）確認。

# チェックテスト解答

- 開始直後に確認する項目は、

□ （血液）流量が確保できているか？

□ （再循環）はないか？

□ （エアー）が送られていないか？

□ 送血側回路が（酸素化）できているか？

□ （抗凝固）がなされているか?（ACT）確認。

# 第3章　VA-ECMOの管理

第3章の到達目標

- VA-ECMOの管理中に確認すべき項目を説明できる。

# 3-1　VA-ECMOの管理で必要なこと

設定

モニタリング

抗凝固管理

人工肺管理

下肢送血

# 3-1-1　設定

- 血流量は、呼吸循環、酸素代謝が耐えうる血流量を設定する。
- 酸素濃度は人工肺直後の血液ガスを目標PO2は200～300㎜Hg程度に設定する。

酸素供給量はSO2、Hbに依存するため、高濃度酸素は不要である。

- 酸素流量は、PCO2を測定しながら変更する

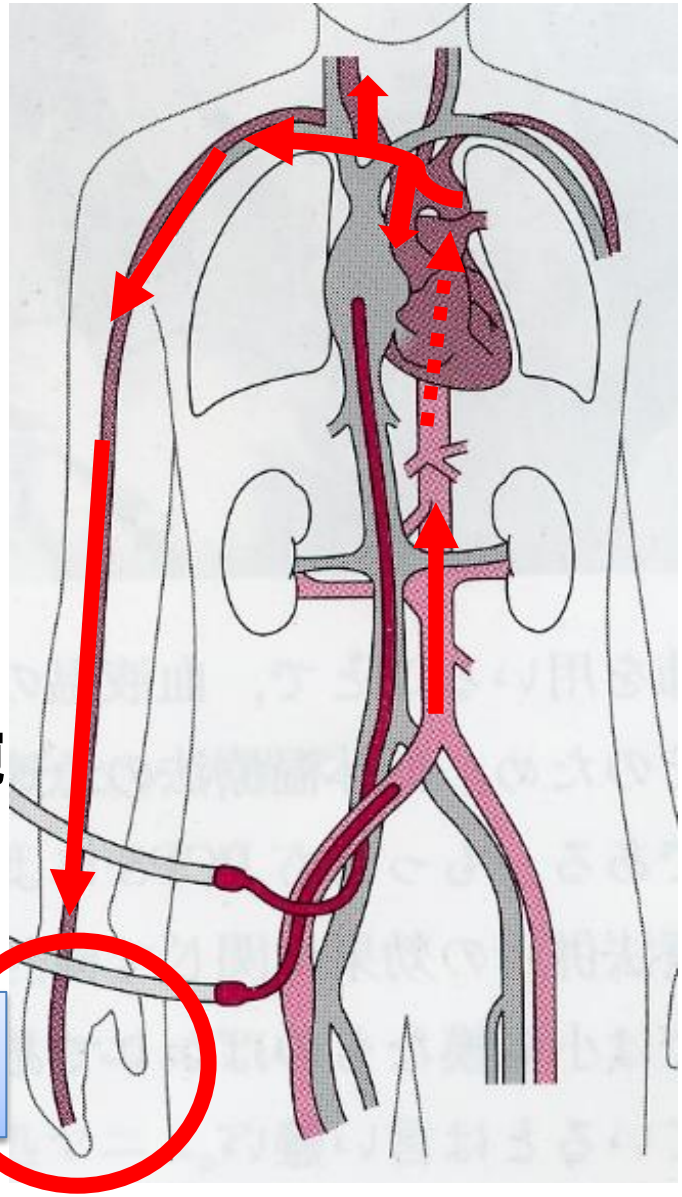
　酸素流量をUPさせると、PCO2は減少し、DOWNさせるとPCO2は増加する。

# 3-1-2　モニタリング

- SpO2モニタは右手に付ける

　大腿動脈の場合、人工肺によってガス交換された血液は逆行性送血のため、送血部位から遠い部位で測定可能な部位となる（一番遠い部位は、冠動脈）

- 自己拍出があると、自己肺によってガス交換された血液が、心臓から近い腕頭動脈に流れやすいため、Mixing Pointを評価できる。



# 3-1-2　モニタリング

- EtCO2

　肺循環の再開で値が徐々に上昇することから、心機能回復の指標になり得る

- SvO2

　全身代謝の指標となる。VA-ECMOの脱血回路からの測定は、カニューレの位置がIVC～RAにあるため、SVCのSvO2を反映しきれていないことに注意。SvO2を最低65％を維持できるよう、循環管理を目標とする

# 3-1-3　抗凝固管理

- 基本的にヘパリンが使用されることが多い。
- HIT（ヘパリン起因性血小板減少症）の患者には、メシル酸ナファモスタットやアルガトロバンを使用する。
- ACTは、コーティング回路で150～200sec、ノンコーティング回路で250～300secで管理が望ましいとされる。
- APTTも併用することを検討する。

# 3-1-4　人工肺へのガス供給

- 基本的に酸素化と換気を分けて考える（人工呼吸と同じ）
- 酸素化には酸素濃度、換気にはガス流量で調整する

| | 酸素濃度 UP | 酸素濃度 DOWN |
|---|---|---|
| PO2 | ↑ | ↓ |

| | ガス流量 UP | ガス流量 DOWN |
|---|---|---|
| PCO2 | ↓ | ↑ |

※血液流量が一定である、人工肺の状態が同じであること

ガス流量を変化させなくても、血液流量が変化するとV/Q比が変化するため、PCO2は変化する
血液流量が変化した時には、PCO2も変化している可能性が高いため、ガス流量を調整する

| | 血液流量 UP | 血液流量 DOWN |
|---|---|---|
| PCO2 | ↓ | ↑ |

※ガス流量が一定であり、人工肺の状態が同じであること

# 3-1-4　人工肺へのガスフラッシュ

- 人工肺を使用していると、人工肺ガス吹付側に水分（水滴、血漿など）が発生してくる
- その水分は、人工肺ガス交換の低下につながる
- 吹付ガスフラッシュ（一時的に高流量にする）により、水分を吹き飛ばす

※長時間ガスフラッシュを行うと、PCO2の低下を招くため、注意する

# 3-1-5　下肢送血

- 大腿部に太いカニューレを挿入しているため、下肢が虚血しやすく、コンパートメント症候群も起きる可能性がある。
- 下肢虚血が疑われる、認められる場合、下肢送血が必要となる。
- 下肢送血する場合、4～5Frのシースを順行性に挿入する。
- 下肢の色、体温、ドップラー等で随時確認。

# チェックテスト

正解はこちらへ

- SpO2センサを絶対に装着すべき部位は、
  ①右手　②左手　③右足
  ④左足　⑤その他

- VA-ECMO中の抗凝固管理の指標は、（　⑤　）を用い、管理目標最低値はコーティング回路で（　⑥　）sec程度とする。さらに、（　⑦　）も併用して管理するとよい。

- ガス流量を変更する場合、 ガス流量UPさせるとPCO2が（　⑧　）し、DOWNさせると（　⑨　）する。

# チェックテスト

- SpO2センサを絶対に装着すべき部位は、
  ①右手　②左手　③右足
  ④左足　⑤その他

- VA-ECMO中の抗凝固管理の指標は、（　ACT　）を用い、管理目標<u>最低値</u>は、コーティング回路で（　150　）sec程度とする。さらに、（　APTT　）も併用して管理するとよい。

- ガス流量を変更する場合、 ガス流量UPさせるとPCO2が（　低下　）し、DOWNさせると（　上昇　）する。

# 第４章　VA-ECMOの離脱

第4章の到達目標

- VA-ECMO離脱に関して、注意点を説明できる。

# 4-1　離脱基準

- 現在、一定の離脱基準は存在せず、各施設の基準により管理されている。
- SAVE-Jガイドラインでは、「流量を1.0ℓ/minまで減量し、心機能、循環不全の指標に問題がなければ、ON-OFFテストで評価し、離脱する」とされている。

# 4-2　ON-OFF Test

- 一時的に血流量を止めて、循環状態を確認する行為
- 一定時間、血流量を0.0ℓ/minにするため、回路凝固してしまう可能性がある。防止する目的で、抗凝固剤の追加投与によりACTの延長（確認）をしてから、血流量を止める。
- 血流量は、<u>送血側クランプで流量を0ℓ/minにする。</u>

※回転数を0rpmにしただけでは、逆流する（送血側から脱血側に血液が流れる状態）ため、確実にクランプして血流量0ℓ/minにする。

# 4-3　離脱

- ON-OFF Testを終了し、離脱決定がされたら、離脱に向けて、準備する。
- 離脱に関しては、各施設の手順に従って行う。
- 離脱時は、ECMOの再開を考慮に入れ、資材を近くに用意しておくと良い。

# 4-4　離脱後は?

- 離脱直後は、呼吸、循環のバランスがとれているか、評価する。
- 離脱直後は、VA-ECMOの再開を考慮に入れ、資材を近くに用意しておくと良い。

# チェックテスト

正解はこちらへ

- ON-OFF Testをする際は、血液流量を一時的に止めることから、（　①　）を確認し、（　②　）の追加投与を検討する。

# チェックテスト

- ON-OFF Testをする際は、血液流量を一時的に止めることから、（　ACT　）を確認し、（　抗凝固剤　）の追加投与を検討する。

# ポストテスト

Q1.開始する前に回路側の最低限のチェックは、

| 回路側チェック項目 |
| --- |
| (①)の除去 |
| (②)の閉鎖 |
| 人工肺への(③)供給 |
| (④)装着 |
| (⑤)供給 |

# ポストテスト

Q2.開始直後に回路側の最低限のチェックは、

| 回路側チェック項目 |
| --- |
| 目標（⑥）が達成できているか? |
| （⑦）がないか？ |
| 送血側の（⑧）ができているか? |
| （⑨）が混入、送血されていないか? |
| （⑩）されているか? |

Q3.SpO2センサを絶対に装着すべき部位は、

①右手　②左手　③右足

④左足　⑤その他

# ポストテスト解答

Q1.開始する前に回路側の最低限のチェックは、

| 回路側チェック項目 |
| --- |
| （エアー）の除去 |
| （プライミングライン）の閉鎖 |
| 人工肺への（医療ガス）供給 |
| （フローセンサ）装着 |
| （電源）供給 |

# ポストテスト解答

Q2.開始直後に回路側の最低限のチェックは、

| 回路側チェック項目 |
| --- |
| 目標（血流量）が達成できているか? |
| （再循環）がないか？ |
| 送血側の（酸素化）ができているか? |
| （エアー）が混入、送血されていないか? |
| （抗凝固）されているか? |

Q3.SpO2センサを絶対に装着すべき部位は、

①右手　②左手　③右足

④左足　⑤その他

# 参考文献


- SAVE-J　ガイドライン
- ELSO Guideline ver1.3

http://www.elso.org/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=4&Itemid=627

- INTENSIVIST 「ECMO」 Vol.5 No.2 2013
- 新版 経皮的心肺補助法