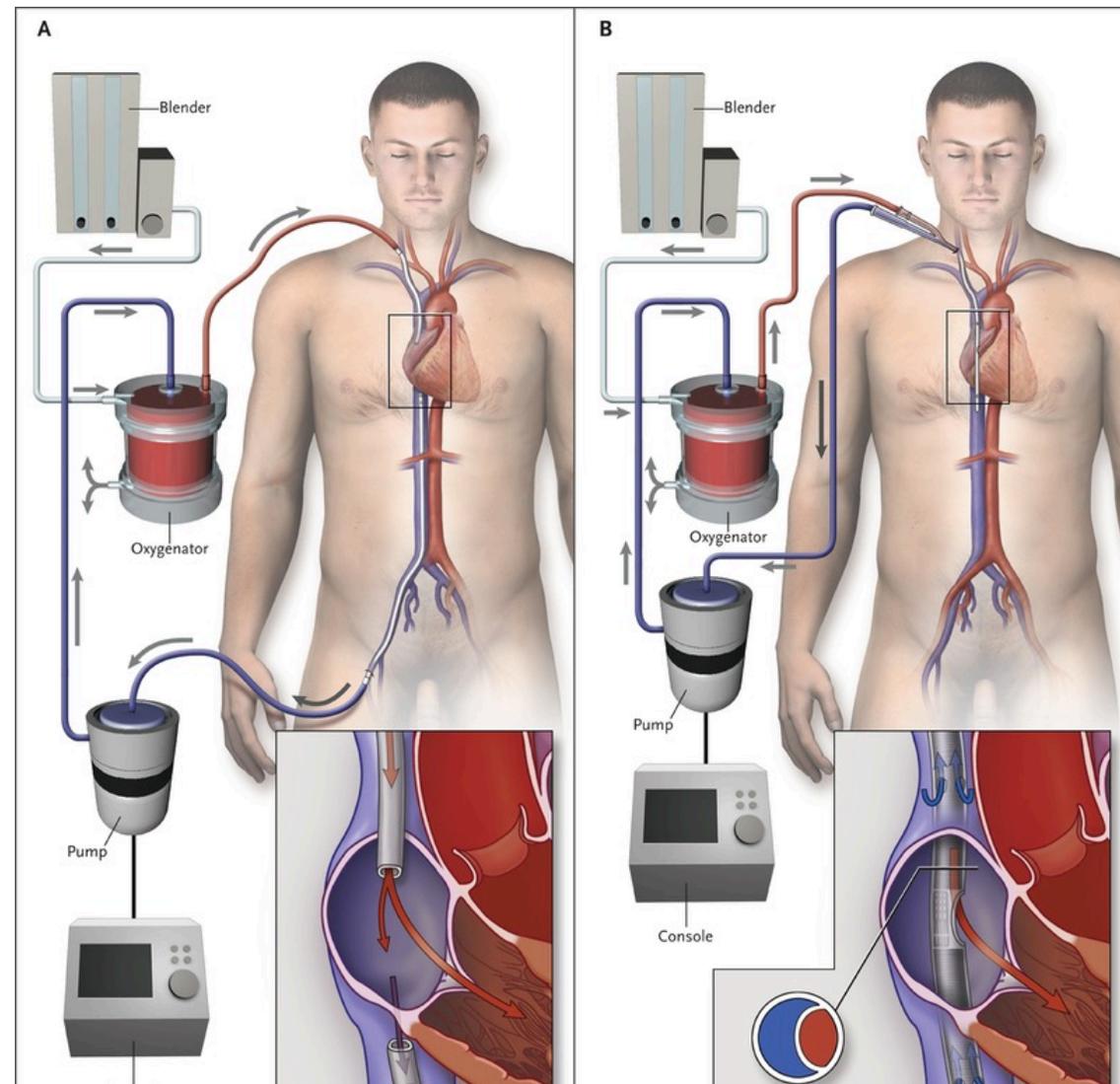
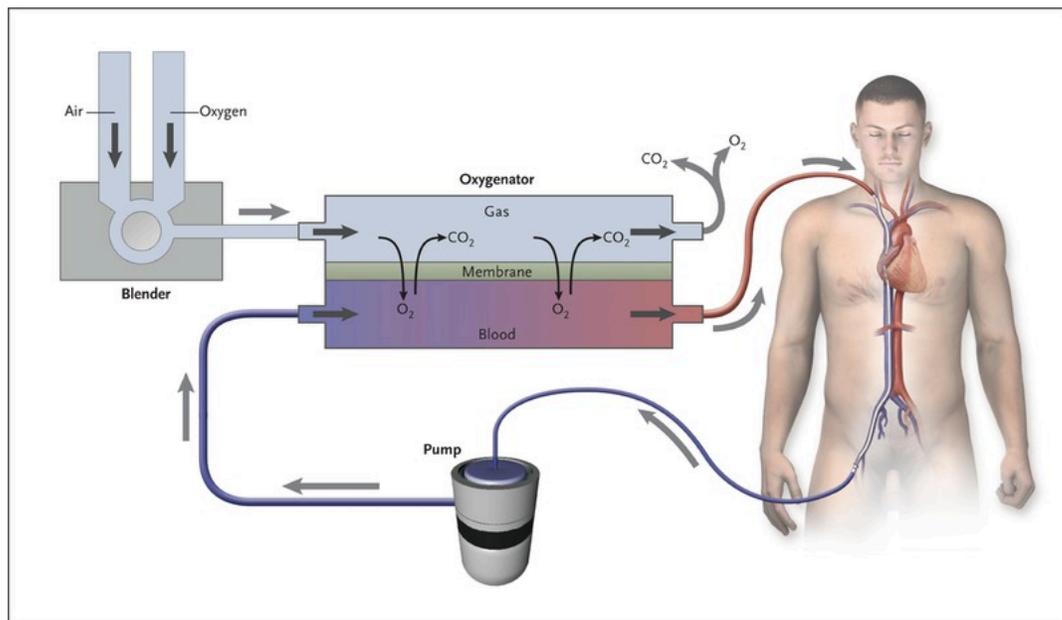




呼吸ECMO
概論

呼吸ECMOとは

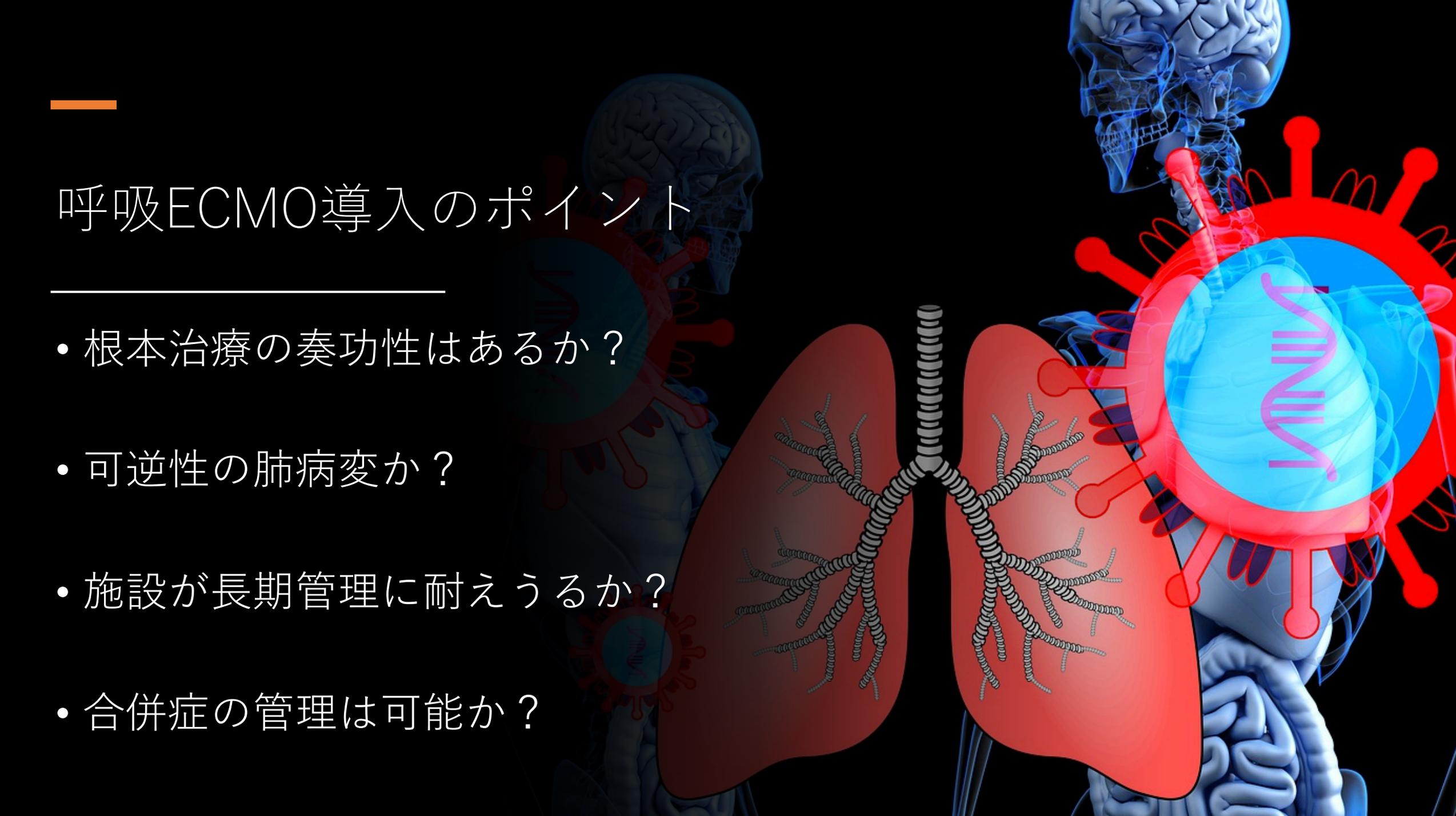
- 生命維持装置
- 人工肺でガス交換（肺を使わない）



Extracorporeal Membrane Oxygenation for ARDS in Adults

N Engl J Med 2011; 365:1905-1914

”Lung Rest”



呼吸ECMO導入のポイント

- 根本治療の奏功性はあるか？
- 可逆性の肺病変か？
- 施設が長期管理に耐えうるか？
- 合併症の管理は可能か？

ELSOガイドラインにおけるRespiratory ECMOの導入基準と禁忌基準

適応

- 1) 低酸素性呼吸不全の場合、(一次性や二次性など)原因が何であれ**死亡率が50%以上の時にECLS (体外式人工肺) は考慮され、死亡率が80%以上の時に適応とされ**
死亡率が50%と推定される → $FiO_2 > 90\%$ で $PaO_2/FiO_2 < 150$ and/or Murray score 2-3点
死亡率が80%と推定される → $FiO_2 > 90\%$ で $PaO_2/FiO_2 < 100$ and/or 6時間以上の適切な治療にも関わらずMurray scoreが 3-4点
- 2) 人工呼吸器管理下で高い吸気プラトー圧(>30 cm H₂O)にも関わらずCO₂ 高値の場合
- 3) 重篤な エアリーク症候群
- 4) 肺移植リストに登録している患者で挿管が必要な場合
- 5) 直ちに心不全及び呼吸不全に陥る病態 (肺塞栓症・上気道閉塞・適切な対応でも改善に乏しい場合)

適応外

絶対に適応外という病態は存在しない。 症例毎にケースバイケースで評価する必要がある。

しかし、予後不良の可能性を示唆するような状態で**相対的な適応外**と判断される場合は以下の通りである。

- 1) 7日間以上の高い条件下($FiO_2 > 0.9$, $P_{plat} > 30$)での人工呼吸器管理
- 2) 薬物による重度な免疫不全(好中球の絶対値 $< 400/mm^3$)
- 3) 最近または増悪傾向の中枢神経系の出血
- 4) 中枢神経系の損傷や末期悪性腫瘍などの不可逆性の状態
- 5) 年齢：適応外という年齢の線引きはない、しかし年齢の増加とともに危険性は増加する

Murray Lung Injury score

	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

COVID-19 ECMO導入基準

PEEP > 10cmH₂O
P/F < 100で
進行性に悪化する場合

ECMO中は 肺を休ませる

■ Rest Lung 設定 (例)

鎮静時：

- $FiO_2 < 0.4$
- $PIP < 25 \text{ cmH}_2\text{O}$
- $PEEP < 10 \text{ cmH}_2\text{O}$
- 呼吸回数 < 10 回/分

覚醒時：

患者にとってもっとも心地よい呼吸器設定
→CPAP/PSVや抜管もありうる

**ガス交換は
ECMOに任せる**



O₂ Delivery

極論 SpO₂=70%でもよい

$$CaO_2 = 1.36 \times Hb \times SaO_2 / 100 + 0.0031 \times PaO_2$$

$$DaO_2 = (1.36 \times Hb \times SaO_2 / 100) \times CO \times 10$$

DaO₂の改善には輸血と心拍出量の維持が大事

SaO₂の改善は必須ではない≒70~80%で許容

長期ECMO管理

- 合併症の予防
 - 適切なデバイス
 - 適切なカニューレ
 - * 太く、短く！！
 - 適切な人員配置
- 合併症の管理
 - 他職種チーム医療
 - 専門性の発揮と調整



<カニューラ径の選択>

太く！短く！

体表面積 (m ²)	脱血管径 (Fr) 38cm	脱血管径 (Fr) 50cm	送血管径 (Fr)
1.0-1.3	19	23	17
1.3-1.6	21	23	17
1.6-1.8	23	25	19
1.8-2.1	23	27	19
2.1-2.4	23	29	21

エコーにて血管径の確認を

	Configurations	脱 血		送 血		備 考	
		血 管	脱血部位	血 管	送血部位		
VV- ECMO	大腿→内頸	大腿 静脈	RA/RA-IVC 連結部	右内頸 静脈	SVC→RA	最も一般的	
		HLS 23, 25Fr 55cm		泉工18-20Fr 15cm			
	内頸→大腿	右内頸 静脈	RA/RA-SVC 連結部	大腿 静脈	CIV→RA		通常よりも短い脱 血カニューラ38cm を使用
		HLS 23, 25Fr 38cm		泉工18-20Fr 15cm			
	大腿→大腿	大腿 静脈	RA/RA-IVC 連結部	大腿 静脈	RA/RA-SVC 連結部		送血Biomedicus® カニューラ必要
		HLS 23, 25Fr 55cm		Biomedicus 19Fr			



VV-ECMO管理

抗凝固療法（ELSOより）

導入前



導入時



維持



離脱前



離脱後

1. 対象患者の血液検査

- CBC
- APTT
- ACT
- PT-INR
- Fib
- D-dimer
- AT-III
- TEG, ROTEM etc

2. 対象患者の血液補正

- FFP
- 血小板輸血
- ビタミンK

ECMO回路の準備

導入前



導入時



維持



離脱前



離脱後

- プライミング → RBC, FFP
 - 未分画ヘパリン50~100単位/PRBC単位添加
- 晶質液（生理食塩水）も使用可
 - 本邦ではこれが主流

ヘパリン初期投与

導入前



導入時



維持



離脱前



離脱後

ヘパリン50~100単位/kg bolus

- カニキュレーション時に静注
- 出血合併症がある場合は適宜増減
- 少なくとも、カニキュレが入る前には

ヘパリン持続静注

導入前



導入時



維持



離脱前



離脱後

- ✓目標：ACT**180～220**秒, APTT 正常値の**1.5～2**倍
- ✓通常使用量：ヘパリン**20～50**単位/kg/hr
- ✓活動性出血、大手術・出血伴う処置後→適宜減量
- ✓血小板輸血、尿量増加、透析→ヘパリン必要量増加

アンチトロンビン (ATⅢ)

導入前



導入時



維持



離脱前



離脱後

- 適正AT値は定まっていない
 - 成人：> 50%
 - 乳児：> 100%
 - 新生児：> 80%
- AT投与時はヘパリン一時減量
 - ヘパリンの効果が一時的に過剰増強する
- FFPによるAT補充は効率不良
 - (FFP中のAT = 1単位/ml)

抗凝固モニタリング



検査項目

一般的な推奨

ACT

1~2 時間ごと

aPTT

6~12 時間ごと

血小板

6~12 時間ごと

INR

6~12 時間ごと

Fibrinogen

12~24 時間ごと

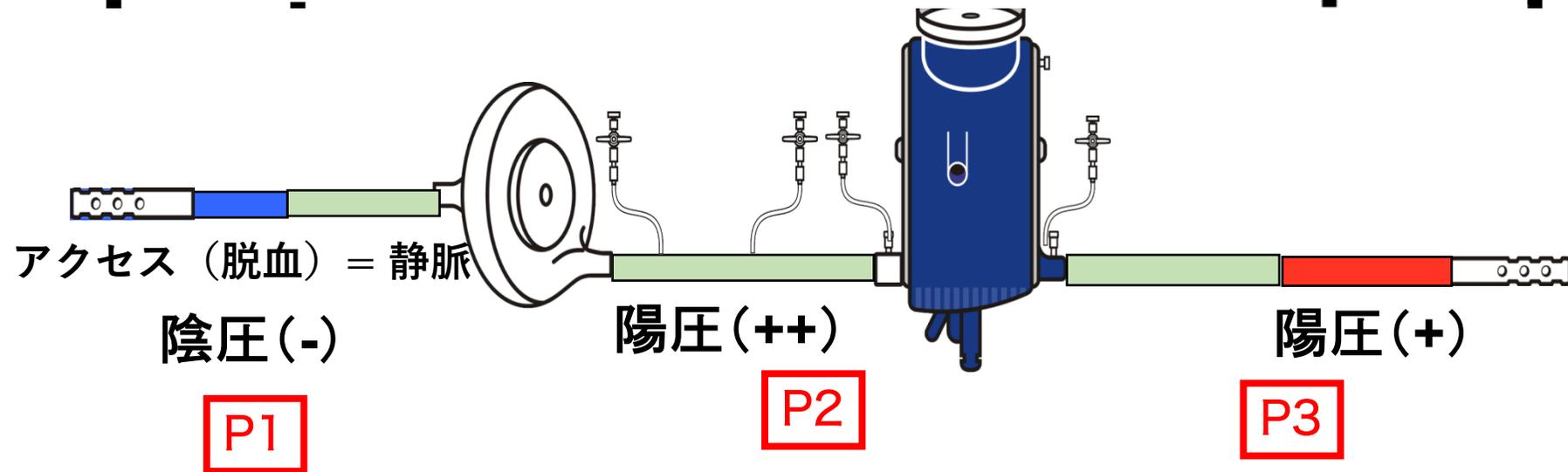
CBC

6~12 時間ごと

Antithrombin

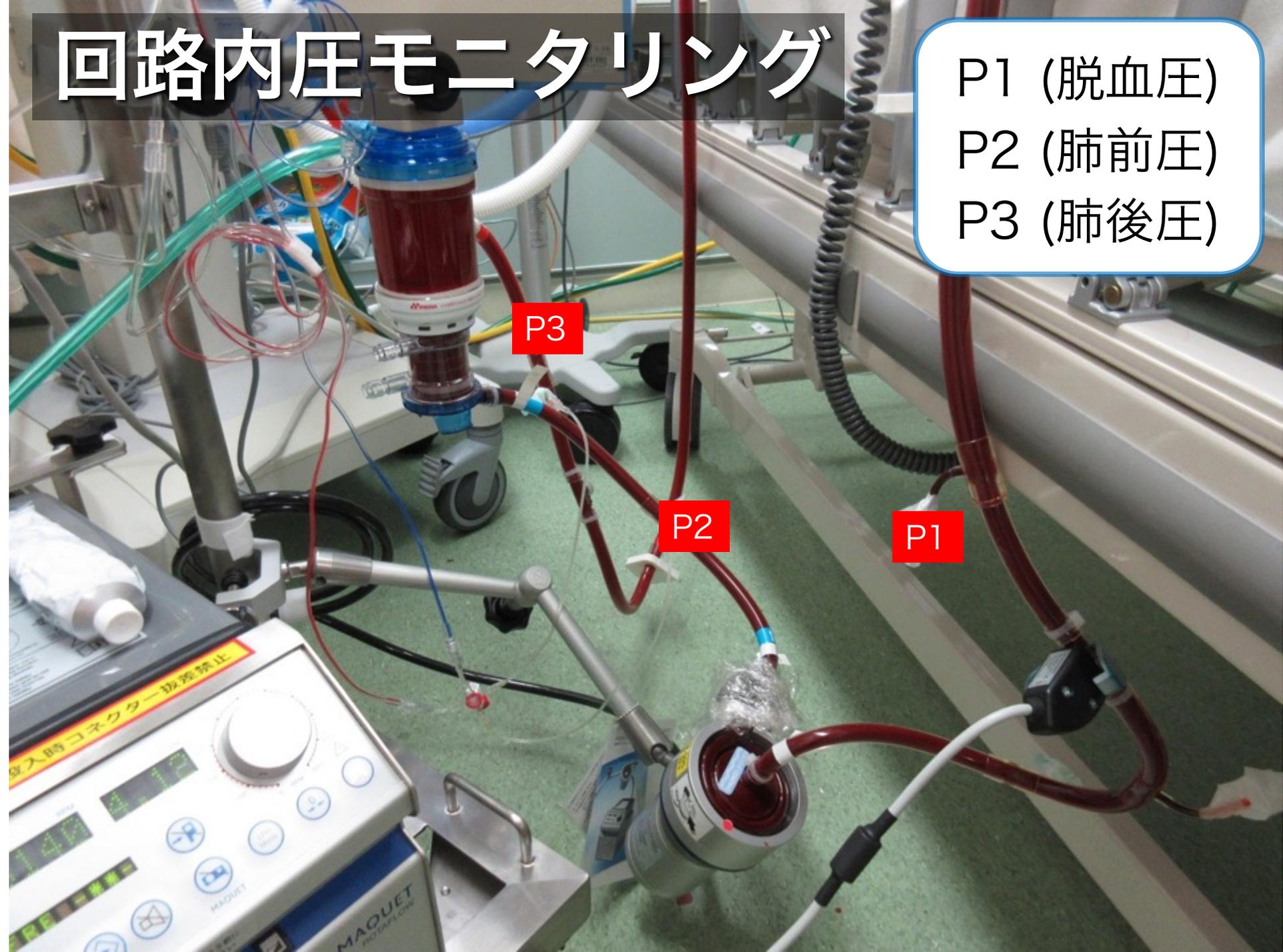
毎日 もしくは 必要に応じて

回路内圧



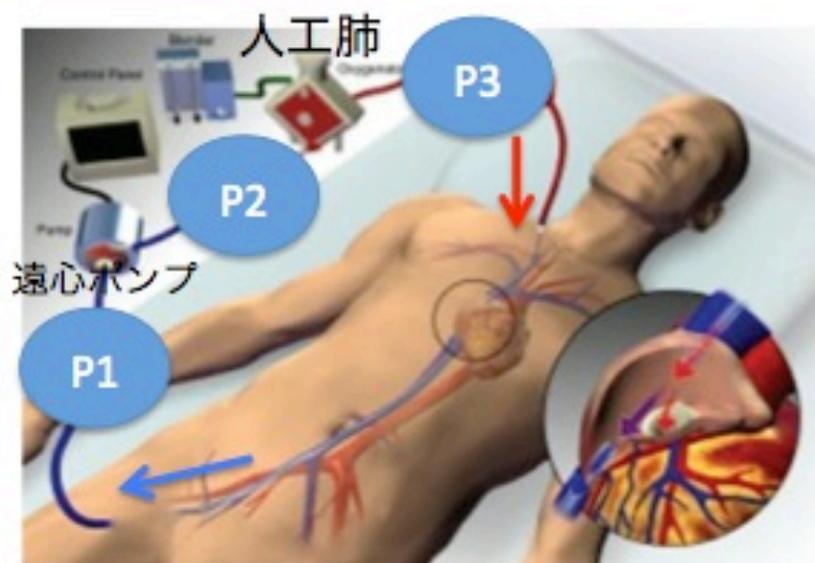
回路内圧モニタリング

- P1 (脱血圧)
- P2 (肺前圧)
- P3 (肺後圧)



トラブル毎の回路内圧変化

	ECMO流量	P1 脱血圧	P2 肺前圧	P3 肺後圧
脱血不良	↓↓	↓↓↓	↓	↓
ポンプ不全	↓↓	↑	↓↓	↓↓
人工肺 目詰まり	↓↓	↑	↑↑	↓↓
送血不良	↓↓	↑	↑↑↑	↑↑↑



回路内圧の基準値

P1 > -120mmHg (過度の陰圧は危険!)

P2 < 300mmHg (溶血リスクを避ける)

P2-P3 < 50mmHg (人工肺の血栓?)

成人ECMO中の機器トラブル

(Kolla S. Annals of Surgery 1997;226:544-566)

ECMO関連合併症	成人
人工肺異常(酸素化不良)	32%
回路からの出血・回路損傷	15%
回路内の血栓	9%
遠心ポンプ異常	5%
カニューレトラブル・抜去	5%
回路内の空気混入	3%
その他	12%

迅速なトラブルの**鑑別**・**原因究明**が必要

ECMO関連合併症の早期発見・原因検索

ECMOチャートは必須

年 月 日

○0時・6時・14時・22時に、Nsが設定・アラーム設定・数値の記載を行い、Drの設定通りか確認する。○看護師記録を記載する時間は、Dr指示を確認する。

○MEIは各勤務帯で回路内ガスを測定し値を記入、また、設定内容が正しいか確認する。

○ECMO設定変更はDrが赤字で記載！

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
設定	离心ポンプ回転数[rpm]																								
	ECMO流量[L/min]																								
	Sweep gas流量[L/min]																								
	Sweep gasのFIO ₂ [%]																								
	熱交換器設定温度[°C]																								
アラーム設定	ECMO流量・下層[L/min]																								
	P1下層(ユニのみ)																								
	P2上層(ユニのみ)																								
	Q-pressure(ガス印)のみのみ																								
	指示書サイン																								
看護師記録	离心ポンプ回転数[rpm]																								
	ECMO流量[L/min]																								
	脱血圧P1(ユニのみ)																								
	脱血圧P2(ユニのみ)																								
	脱血SvO ₂ (ユニのみ)																								
	O ₂ フラッシュ(テルモのみ)	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印	印/印
	記入Nsサイン																								
回路内採血(MEI定時+測定時)	pH																								
	PaCO ₂																								
	PaO ₂																								
		MEサイン																							

ECMO血流量
Sweep gas
アラーム設定

回路内圧

送血/脱血のガス

※設定確認後は、ロック画面にもどす。

呼吸ECMO管理中の

患者関連合併症

培養陽性の感染症	21.3%
外科的創部出血	19.0%
カニューレ刺入部出血	17.1%
気管内出血・肺胞出血	8.1%
消化管出血	5.1%
頭蓋内出血	3.8%
溶血	6.9%

Brodie D, et al .Extracorporeal membrane oxygenation for ADRS in adult.NEJM2011;365:1905-14

ECMO中は出血合併症が**最多** 出血を制すものはECMOを制す

培養陽性の感染症	21.3%
外科的創部 出血	19.0%
カニューレ刺入部 出血	17.1%
気管内 出血 ・肺胞 出血	8.1%
消化管 出血	5.1%
頭蓋内 出血	3.8%
溶血	6.9%

出血合併症を見逃さない! ための

日々のケアでの**注意点と観察部位**

出血部位	point
気道粘膜出血・肺胞出血	愛護的な処置
カテーテル刺入部	透明フィルムで観察
消化管出血	下血や胃管排液
膀胱出血	膀胱留置カテ排液
脳出血	瞳孔径, 意識レベル, 麻痺
筋肉内血腫	四肢の腫脹, 皮下血腫

VV-ECMO中のRBC輸血

0.6~0.75 単位/day

150-188ml/day

ANZICS; JAMA 2009; 302: 1888-95.

The Italian ECMO net: Intensive Care Med 2011; 37: 1447-57.

Complications on ECMO in COVID-19

- D-Dimer 高値 (pre-ECMO)
- ECMO 稼働中の血栓形成
- 出血性合併症も多く発生
- 非常に難しい抗凝固療法



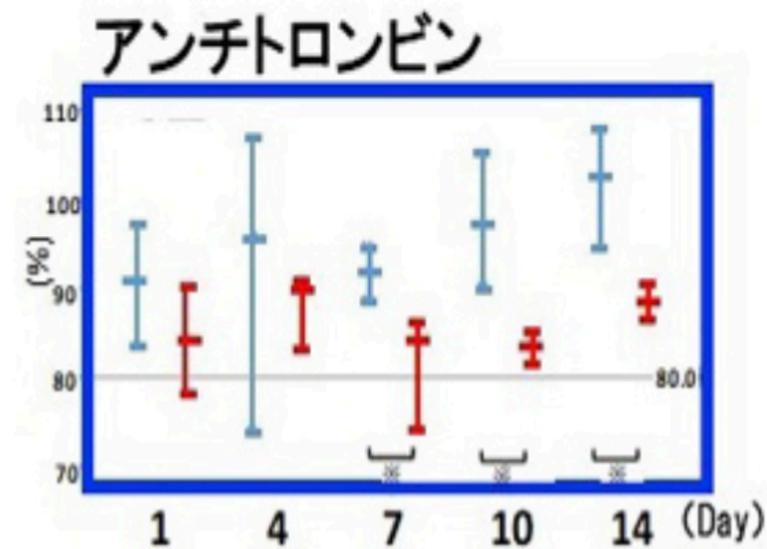
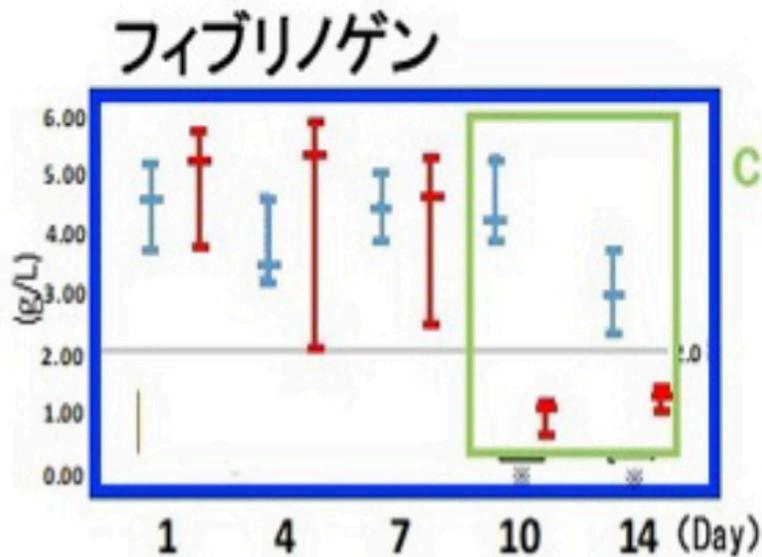
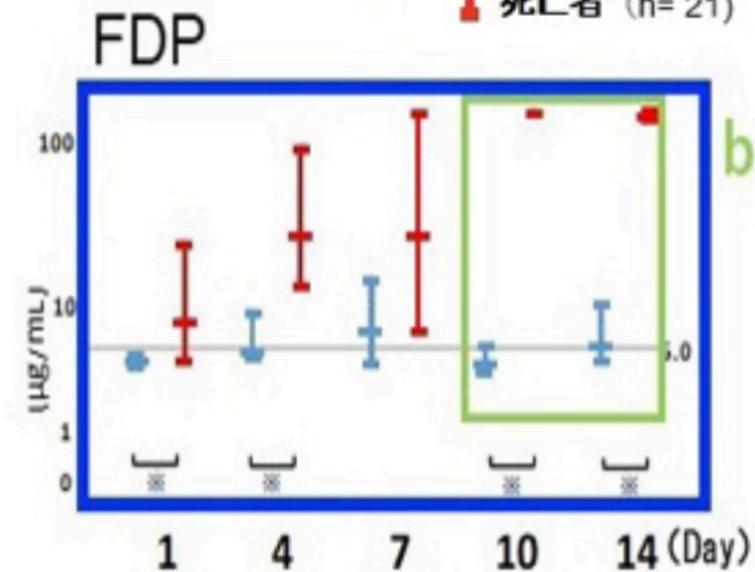
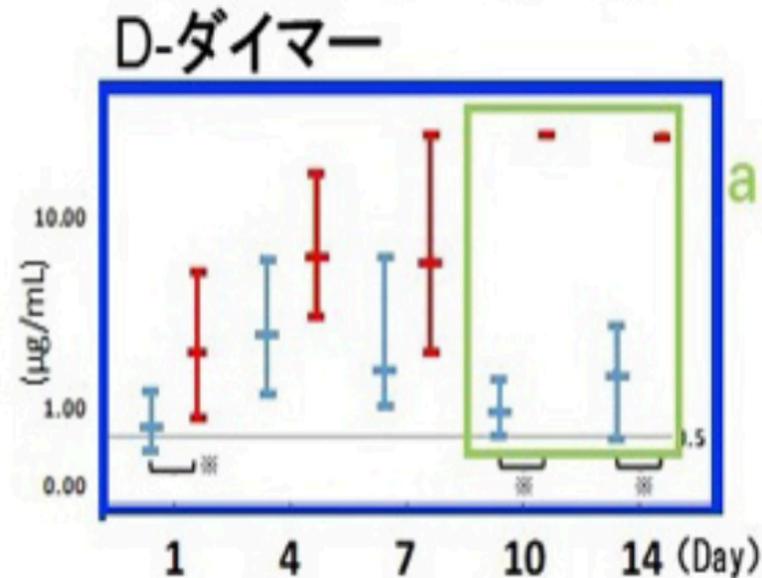
DICは線溶抑制型から線溶亢進型へ

■ 生存者 (n=162)
■ 死亡者 (n=21)

• COVID-19発症時
→ 線溶抑制型

• 病状進行増悪時
→ 線溶亢進型

• COVID-19 ECMO
→ 脳出血多い



抗凝固モニタリング

当院でのCOVID19肺炎患者
ECMO管理中の抗凝固モニタリング

導入前

導入時

維持

離脱前

離脱後

6時

12時

18時

24時

検査項目

CBC (PLT)

CBC (PLT)

APTT/ACT

APTT/ACT

APTT/ACT

APTT/ACT

Fibrinogen

Fibrinogen

ATⅢ

TEG®

Nsの処置(ケア、点滴交換、体交など)、リハビリ、医師による諸検査
などの時間に合わせてスケジュール

V-V ECMO離脱の手順

- **Blood flow**を徐々に**2.0 L/min**まで下げる.
- 血栓が出来やすい症例ではBlood flowは下げず,
Sweep gas F_IO₂を徐々に下げる.



< 離脱テスト >

Step 1 Sweep gas F_IO₂ 0.21とし, **15分以上**観察.

Step 2 Sweep gasをoffとし, **4時間以上**観察.



問題なければ離脱

(脱血**SvO₂ < 60%**となる場合は離脱テスト中止)

※基本的には呼吸器設定Lung Rest設定から変更しない.

離脱テスト

Step 1 Sweep gas F_{iO_2} 0.21 とし, 15分以上観察.

Step 2 Sweep gas を off とし, 4時間以上観察.



Sweep gas flow
2 L/min

Sweep gas
 F_{iO_2} 0.21



Sweep gas を off とし
ガス供給チューブをクランプ

離脱テストをする上での注意点

- 酸素化能だけでなく、**CO₂クリアランス**も評価.
- **CO₂**が貯留する病態では、離脱後の急激な変化を回避するために、テスト前に**PaCO₂**を上げておく.
- 血液ガスを評価する際は、**60分以上**経過してから評価.
- 血液ガスだけでなく、**呼吸数**や**呼吸様式**も評価.

導入前



導入時



維持



離脱前



離脱後

- カニューレ**抜去前のAPTT延長**は、
離脱後合併症のリスク
- 多くの施設で、
抜去前は**抗凝固薬投与中止**
(2~6時間前, APTTの正常化,,,))

Cannula associated Deep Vein Thrombosis

CaDVT

頻度



- ECMO 施行した患者の**20%**
(Riccabona et al 1997)

- PTT45~65sでcontrolしたところ、**80%**の患者で発症
(Cshafii et al 2012)

- CaDVTの有無で管理中のaPTTに差はなかった
(Brenner et al 2012)

- ECMO施行時間や抗凝固薬の効き具合は発症の有無に**無関係**
(Cooper et al 2015)

リスクファクター

- **Bicaval dual lumen cannula**に多かった
(Cooper et al 2015)

- **高齢者、BMI高値、long ECMO time**で多い傾向
(Jay Menaker et al.)

呼吸ECMO

- 肺を使わない
- 肺の回復を待つ

- 合併症を防ぐ
- 合併症を克服する

常に長期戦を覚悟



Take Home Message

