

## Conclusion

- We experienced a case of a patient with extensive lung contusion (bilateral, specifically) expected to have intratracheal massive hemorrhage, who could be saved by hemostasis under ECMO introduction.
- As ECMO for trauma has a high risk of bleeding complication requiring management without heparin; however, as long as hemostasis can be achieved, patients can be treated. Therefore, ECMO can be fully considered as a life-saving measure.

**71 y/o male**

Toshiyuki Aokage  
Kenneth Palle Palmer

ECMO center Karolinska, Karolinska University Hospital

## Case

71 years old, male

Past Illness : HT

Day1 (Date of admission) Chief complaint was dyspnea. Chest x-p showed bilateral consolidations.

Day2 He was deteriorated. Pointed out Influenza A H1N1 and Klebsiella oxytoca. Oseltamivir and Cefotaxime were started.

Day3 NPPV started.

Day4 Intubation, changed to Meropenem.

Day5 SpO2 90% on FIO2 60%

## Case

Day6 Obvious fluid overload (+ 4000ml) and SpO2 92% on FIO2 80%. Noradrenalin 0.1µg/kg/min, deep sedation.

Day7 SpO2 90% on FIO2 100%. ECMO team was called. He got ECMO and transported to ECMO centrum.

Transthoracic echocardiography showed bad wall motion at right and left ventricular chambers. Therefore, VA ECMO was indicated.

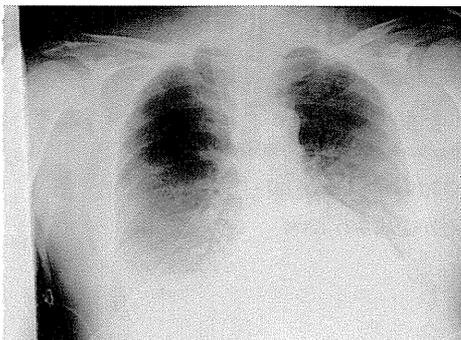
27Fr 50cm drainage cannula was introduced from right femoral vein because of intravascular thrombus at right internal jugular vein (RIJV).

## Pre-ECMO ventilator setting and ABG, vital sign

- PCV FIO2 100%
- PIP/PEEP 35/18, f 20/min, MAP 25
- MV 11L/min, TV 540ml
- pH 7.250, pCO2 36, pO2 58.2, BE -1.0, Lac 1.8 mmol/L
- SpO2(head) 86%, P/F 58
- BP 130/65 (80), HR 95bpm (on noradrenalin 0.1 µg/kg/hr)
- Murray Score 3.5, Oxygenation Index 43

## Chest X-p

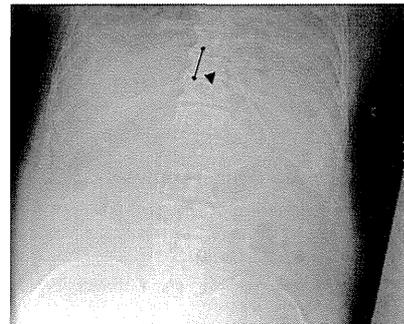
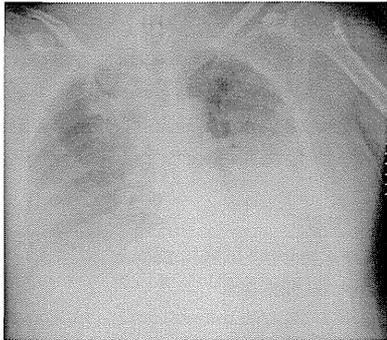
Pre-ECMO (FIO2 1.0, PIP/PEEP 35/18)



## Laboratory data (after ECMO)

- WBC 5400/µL, Hb 10.6g/dl, Plt 28.0×10<sup>4</sup>/µL,
- T-Bil(D-Bil) 3.7(3.2)mg/dL, AST 77U/L, ALT34U/L, LDH 348U/L, Alb 2.4mg/dl
- BUN 30mg/dl, Cr 2.02 mg/dl, Na 133 mEq/L, K 3.8, Cl 106
- CRP 28.4mg/dl, PCT 53µg/L
- PT 1.2, APTT 162 sec, AT-III 56%, D-dimer 3.1ng/ml
- NT-pro BNP 188pg/ml
- BAL-PCR: influenza A(pmd-09) H1N1 positive

**After starting ECMO**  
(FiO2 0.6 PIP/PEEP 29/14)



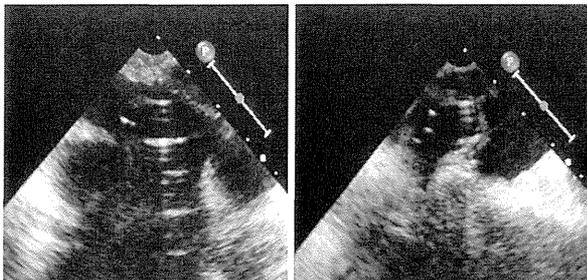
**Ventilator setting**  
(ECMO Day 6)

- Pressure control ventilation
- FiO2 60%
- PIP 22 cmH2O
- PEEP 8 cmH2O
- MAP 13 cmH2O
- f 16 (triggering all the times)
- TV 330ml

**ECMO setting and blood gas**  
(ECMO Day 6)

- Cannulas drainage: 27Fr 50cm Rt FV  
infusion: 19Fr 18cm Lt FA + 8Fr cannula
- ECC 4.4LPM@4400rpm
- Drainage blood saturation: 84%
- Blood gas (drainage)  
pH 7.35, pCO2 43, PO2 50, BE -2.1, Lac 1.0 mmol/L
- Post oxygenator saturation: 100%
- Patients SpO2 (head): 81%

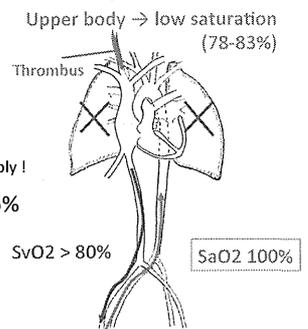
**TEE**  
(ECMO day 6)



The wall motion of right and left ventricle was improved  
Left ventricular wall: hypertrophy, valve function: normal

**Discussion 1: Cannula position**

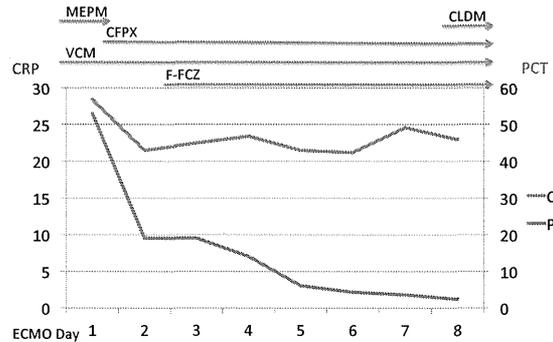
- Improved heart function
  - Thrombus at RIJIV
  - Lying right atrium
- Difficult to insert drainage cannula deeply !
- SvO2(Drained blood) 80 - 85%
  - SpO2(head) 78 - 83%



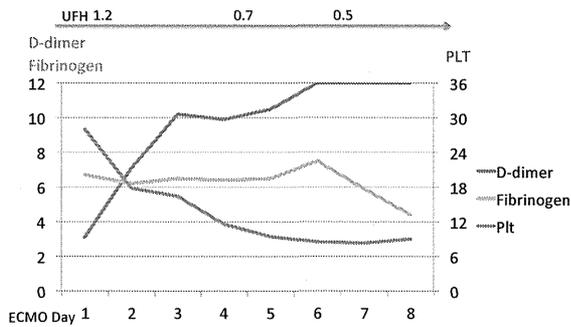
## Options

- (A) 何もしない. 注意深く経過をみる  
(We should not do anything. Stay looking carefully.)
- (B) VV ECMOに移行する。カニューレーション部位は?  
(Convert to VV ECMO. What is cannula site?)
- (C) VA ECMOのまま、送血部位を変更する。送血部位は?  
(Continue VA ECMO and change infusion cannula site.  
Where should we introduce new infusion cannula?)
- (D) その他 (Other)

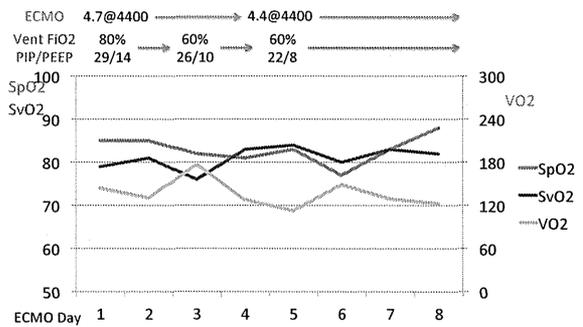
## Infection



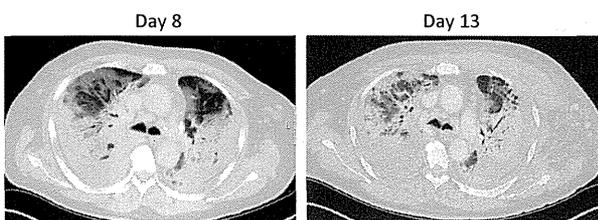
## Coagulation



## Saturation/ Oxygen consumption



## CT (ECMO day 8,13)



## Discussion 2: Patients management

- Respiratory: SpO2 85-90% on vent PCV 60%, 23/9  
CT showed bilateral consolidation and pleural effusion
- Circulation: good
- Infection : PCT 2.4ng/ml, CRP 23mg/dl
- Coagulation : D-dimer > 10.5ng/ml Plt 9万/ $\mu$ L
- Bleeding: controlled
- Neurology: ?  
CT: no signs of intracranial hemorrhage or infarction



**ECMO conference  
paediatric case presentation**

1<sup>st</sup> March 2014  
Tokyo Metropolitan Children's Medical Centre  
Ichiro Watanabe, Takanari Ikeyama, Naoki Shimizu



**Introduction**

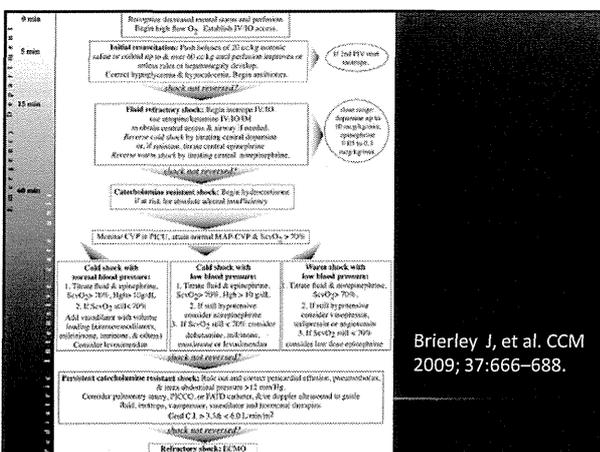
Surviving rate for refractory septic shock  
**< 50 %**

Brierley J, et al. CCM 2009; 37:666–688.

**Surviving sepsis campaign**

Consider ECMO for refractory pediatric septic shock and respiratory failure (grade 2C).

Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Severe Sepsis and Septic Shock: 2012

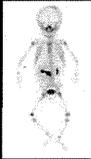


**Case**

10-month-old girl, BW 9 kg with neuroblastoma (stage 4)

**[History of present illness]**  
4 days prior to admission, abdominal mass was found by her mother.

**[Diagnosis]**  
Neuroblastoma, stage 4  
MYCN amplification +  
metastasis to Lt. temporal bone





## Consider placing a child with a neoplasm on ECMO

112 of 118 (95%)

Gow KW, et al. CCM. 2009; 37(4):1308-16.

## ECMO for patients with neutropenia

survival discharge  
4 / 8 (50%)

MacLaren G, et al. 6th world congress on pediatric critical care, 2011

## Cannulation site ?

### CENTRAL V-A ECMO

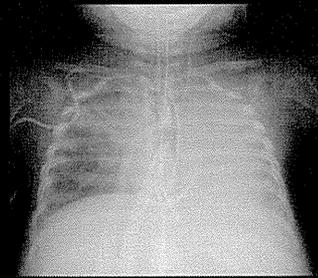
V ; RA, 16Fr  
A ; Asc.Ao., 12Fr

Circuit ;  
Endumo 2000N

Artificial Lung ;  
Biocube 2000

Pump ;  
RotaFlow

Targeted flow ;  
150 mL / kg / min

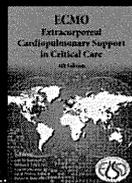


## ECMO for pediatric septic shock

survival to hospital discharge  
21 / 45 (47 %)

central vs peripheral  
73 % vs 44 %

Maclaren, G, et al., PCCM, 2007; 8(5), 447-51.



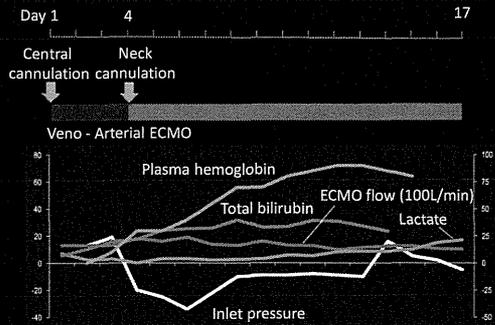
## Central ECMO for septic shock

survive to hospital discharge

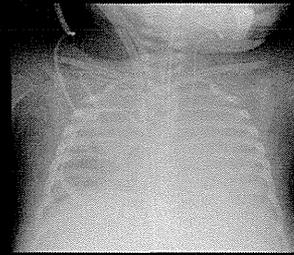
17 / 23 (74 %)

MacLaren G., et. PCCM 2011; 12(2), 133-6.

## Progress after ECMO initiation

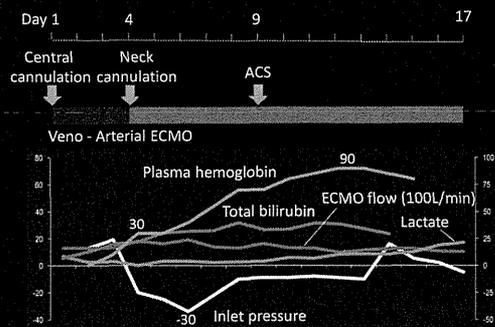


## Conversion to Neck cannulation



V ;  
Rt. Internal Jugular V. 14 Fr  
A ;  
Rt. Brachiocephalic A. 12Fr

## Progress after ECMO initiation



## Unfortunately...



## Discussion

- Management before ECLS
- Conversion from central to neck cannulation
- Control of infection

## Conclusion

- To seek adequate flow is important for paediatric septic shock.
- Central ECMO is an (best) option.

### 3) ECMO プロジェクトによるシミュレーション・ラボ

## ECMOシミュレーション・ラボの基本方針について

### 1) 目的：

重症呼吸不全におけるECMO治療の原理と方法を理解する

### 2) 対象者：

医師・看護師・臨床工学技師のチームでの参加が望ましい

ECMOセンター化促進の視点から、プロジェクト加入施設からの参加に限定  
また、ELSO加入施設の優先権を検討する

### 3) 内容の方向性：

- a. 重症呼吸不全におけるECMO治療の全般的な原理と方法を理解する
- b. ECMOに用いるべき適切なデバイスについて理解する
- c. トラブルシューティングの発生メカニズムと緊急対処方法を理解する
- d. 形態としては、シナリオベースとする
- e. パンデミック時のライトな内容のコースパッケージも用意する

### 4) 場所、頻度：

学会に付随したコースは、次回の集中治療医学会（京都）を最後とし、  
以後は、シミュレーションセンターをベースにして行う

東北大、千葉大、岡山大、藤田保健衛生、都立小児が、現在の候補地  
頻度は、年4回程度（都立小児は小児に特化したコース開催を行う）

### 5) 運営：

運営形態としては「NPO ECMO Japa」が管理運営することを検討する  
メーカー・企業に依存しない形態を追求する

ポンプや回路については、メーカーから借用（有償？）してシミュレーション  
施設に搬送することを模索する

運営費用は、基本的に受講側の負担を前提に検討する

#### 6) インストラクター：

インスト側も医師・看護師・CEがひとつの単位となって、インストグループを構成することが望ましい

若手・中堅の青景先生、池山先生、小林先生、などの医師を中心に、若手医師、のインスト候補を育ててゆき、岡大の野坂先生や、千葉大の阿部先生なども、さらなる候補となる・・・東北大からは？

また、CEや看護師もインストグループに入ってもらふ必要あり

ELSO, Mark Ogino 先生にアドバイザーになっていただくことも検討する

#### 7) 行動計画

ワーキンググループを設けて各論の検討に入る

次回 JSICM の前後で会合

5月の千葉大学での開催

その前にβ版？

#### コースコンテンツ検討WG

マニュアル・テキスト作成

コース・シナリオ

インストラクタ養成と品質担保

#### トレーニングサイト運営WG

メーカー・企業との物品のやりとり

インストラクタ・プロバイダの確保

財務・広報・渉外等

## 第1 ブース

### 成人の人工肺 clotting のシナリオ

このシナリオは3つの要素に分けられる

- (1) 回路内圧から人工肺の clotting であることがわかる
- (2) ECMO 流量低下時の対応
- (3)人工肺を緊急で交換する

#### グループ 1

- (1) 人工肺 clotting であることは、時間がかかったがわかることができた。
- (2) まず、肺前圧が高いことより、ECMO 流量を下げるというような誤った指示があった。SpO<sub>2</sub> 低下時には、人工呼吸器設定を FiO<sub>2</sub> 100%とすることはできた。
- (3) プライミングは補助しながら可能、しかし、人工肺交換で人工肺に陰圧をかけたため、回路内に大量の air が混入し、終了となる

#### グループ 2

- (1) 人工肺 clotting であることは、すぐにわかった
- (2) 人工呼吸器設定は増加させることができたが、ECMO 流量を増加させるということはできなかった。ただし、チームワークはできており、発見から対応まで迅速であった。
- (3) プライミングは補助しながら可能、人工肺交換手技は迅速であったが、人工肺を反対に取り付けてしまった。

#### グループ 3

- (1)人工肺 clotting であることが理解できず、助言を行った。
- (2) 人工呼吸器設定の増加はできたが、ECMO 流量は増加させることはできなかった。チームワークはうまく働いていなかった。
- (3) プライミングは補助しながら可能、人工肺交換で人工肺に陰圧をかけたため、回路内に大量の air が混入し、すべて送血してしまった

#### グループ 4

- (1)人工肺 clotting であることは、すぐに分かった
- (2)人工呼吸器設定の増加と ECMO 流量の増加は迅速に指示できた
- (3)人工肺のプライミングは補助しながら可能、交換手技に問題はなかった。あえていえば、人工肺交換時に血圧低下したときに、昇圧の指示がなかった。

#### 総括

人工肺交換の成功率は 25%と不十分であった。多くの施設で知識的にも手技的にも問題が認められた。デブリーフィングはテクニカルな部分でほとんどが費やされてしまった。

#### 問題点

- ・1 グループが 4 つの施設で成り立っているため、チームワークの形成が容易でなかった。可能であれば、グループは同じ施設で作成するほうが、better だと思われた。
- ・基本的な技術や知識が不足している人が多かった。そのため、デブリーフィングは基本的な技術や知識の確認だけとなり、発展的なディスカッションまで至らなかった。事前勉強などを推奨するようなシステムが必要との意見があった。

## 第2ブース

### まとめ

#### A, simulation の計画(plan)

##### 1, topic

カニューレの事故抜去

##### 2, target

ECMO specialist (8\*4)

##### 3, Objective

- 1) トラブル時に患者の呼吸、循環管理ができる
- 2) アラーム発生時に ECMO の回路、刺入部の観察ができる
- 3) カテ抜去、空気混入時に ECMO と患者を離すことができる
- 4) 回路の交換ができる（実際に回路を切ってつなぐ練習をする）

##### 4, Schedule

orientation time: 2 min, scenario time: 3~5 min, debriefing time: 5 min, training time: 10 min ,  
summary time: 1min

#### B, 実際の simulation の状況(Do)

Participants: 全グループ、objective の達成は表 1 に示すとおり。呼吸器設定に関しては、呼吸回数、酸素濃度の変更のみで、他のパラメータは変えていなかった。カルディオヘルプを中止させたのは1グループのみ。満足度、理解度等は survey がないので不明。事故抜去の経験や予防策についても discussion できた。1グループのみチーム医療へ discussion poin がずれた。

表 1

	呼吸器設定	循環管理	アラーム時の観察	ECMO と患者の離脱	回路交換依頼
グループ A	○	○	○	○	○
グループ B	○	○	○	×	×
グループ C	×	×	×	○	×
グループ D	○	○	○	○	○

○は自力で達成、×は誘導で達成

Confederate (Facilitator) : 学習者のレベルが低ければ誘導、高ければ質問をすることで参加者全員の理解度を確かめる設定にしていた。誘導はできたが、質問で学習者の理解を評価することはできなかった。

Checklist: checklist を作り simulation 中にチェックをつけてもらったが、debriefing でうまく活用できなかった。リストの項目が多すぎた。できていた点とできていなかった点は明確に伝えるべきであった。

Debriefing: simulation が始まった段階で debriefing は始まると言われている。しかし、参加者が多いうえに見学者も多く、十分な観察ができず、グループそれぞれにあわせた debriefing ができなかった。8人全員の動きを一度に一人で観察するのは無理がある。

回路交換: 実際に手を動かし回路の交換を楽しんでいるように見えた。

## C, 評価 (Check)

### 1, compared to plan

参加者は objective を達成。予測していたよりも、スムーズに objective を達成。実技(回路交換)の時間枠を10分としていたが5分ぐらいで終了。

### 2, Were goals and objectives met?

シナリオ自体は objective を満たしていた。受講者も objective に沿って学習はできた。Debriefing も objective に沿っていた。

### 3, What went well?

- 参加者が8人であったので、誰かがトラブルの内容に気づき、対応できた。
- 回路交換の実技に、参加者全員が強制的に参加できた。

### 4, Needs improvement

- 参加者の数を4人にする。
- 今回は学習者のレベルが不明であったため、事故抜去の管理と回路交換をわけたが、シナリオの中に回路交換を組み込み、SpO<sub>2</sub>が上がってシナリオ終了にした方がよい。
- 受講生が部屋に入ってきた時点で、正常バイタルサインでプログラムを始め、シナリオスタートの時点で異常バイタルサインにする方がよい。
- マッケの担当者と相談し閉鎖回路の工作をしたが、カニューレがもう少し長い方がよい。
- 回路の水に色をつけた方がよい。
- プログラミングさえできれば、高機能マネキン (SimMan) は必要なし。今回のマネキン選択で十分である。呼吸器はランクを下げてよい。

- ECMO の simulation に関しては、機械が高価である為、 $\alpha$ テスト $\beta$ テストがしにくい  
が本来はすべきである。
- シミュレーションはビデオに録画し、指導者側、コースの質の改善に利用するのが  
よい。

## 第3ブース

### 小児シナリオ：ポンプ停止事故でハンドクランク

**1 学習目標：**このセッションの終わりには以下のことを参加者に期待する

1. ECMO 管理中において、緊急 ECMO 動力源（ハンドクランク）が必要な事象を認識する
2. ハンドクランクが必要な場合、人員を集め、リーダーを同定し、a)ECMO 側および、b)患者側にチームを分け、協調して問題解決に当たる
  - a. ECMO 側：ハンドクランクの開始及び原因の同定
  - b.患者側：ECMO 喪失時の緊急蘇生（必要に応じて人工呼吸器設定、昇圧薬等）
3. 適切にハンドクランクを使用できる（コンソールの位置、rpm）
4. ハンドクランク使用の禁忌な場合を挙げるができる

### 2. シナリオ

シナリオ症例：6歳, 20kg, 鳥インフルエンザに罹患した少年

5日前より頸部、鼠径よりVV ECMO

今までは大きな問題無し……

ECMO 設定: 2.1LPM@2000rpm Sweep Gas: 1.0 FIO2 1.0 Endumo 2000

圧モニタなど: Venous -10, Pre 220, Post 190

ScvO2 71 Hct 40%

呼吸器設定: 20/10 X5 FIO2 0.4

バイタルサイン: HR 80 BP 90/60 SpO2 85% RR 5 CVP 8

ライン: カニューレーション 脱血: 頸部 FEM-2 16Fr 送血: 鼠径 BioMedix 15Fr

動脈ライン 2 2G@右橈骨動脈、5Fr トリプルルーメン CVL@左鼠径静脈

鎮静：モルヒネ 30mcg/kg/h、ミダゾラム 2mg/kg/day

抗凝固：ヘパリン 22U/kg/h

直近の検査所見（聞かれたら）

胸部レントゲン：両側 white-out

ECHO(本日)：心機能良好 EF 60%、IVS round to RV （肺高血圧を疑う所見なし）

ABG: pH 7.40 PaCO<sub>2</sub> 42 PaO<sub>2</sub> 50 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 24 BE 0 Na 140 K 4.0 Cl 105 Ca 1.2 Hb 13 (患者)

ECMO ABG(膜後): pH 7.45 PaCO<sub>2</sub> 30 PaO<sub>2</sub> 500 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 24 BE 0

CBC: WBC 9000 Hgb 13 Plt 15 万

Coag: INR 1.3 aPTT 80 Fib 150 AT-3 80%

Chem: CRP 2.0 ↓ TB 1.3 AST 40 ALT 30 LDH 500 CPK 100 BUN 10 Cre 0.4

**今回の原因**：UPS 電源まで ECMO の電源が届かず、たこ足配線をしていて、たこ足配線の接続部を守るために低いプラスチック製の足台で隠していました。その手前（UPS 電源からの延長コード）を横切った人物が引っ掛け、足台で隠されている接続部が外れて、かつ、ECMO の内部バッテリーが老朽化していたため突然の電源喪失を発生し、ECMO 電圧低下でアラームがなり、数秒後に ECMO が停止した。（上記をシナリオ開始前に仕込む必要あり）

必要物品：

Endumo 2000 と回路(うちはループでやりますので、カニューラはいりません)

小児シミュレータ（6歳児程度）

患者モニタ

ハンドクランクユニット

呼吸器

蘇生薬（アドレナリン、ノルアドレナリン）

回路クランプ鉗子 X6

延長コード

足台

テープ（透明あるいはガムテープ）

マネキンに合う気管挿管チューブ（小児マネキンであれば 5.0 と 5.5 カフあり）

ジャクソンリース

マネキンに合うマスク

CDI 用 iPad およびコントローラー用 iPhone（持参）

ポストイット（CDI ラベル用）

### 3.シナリオの進め方

導入：パワーポイントで全員（8名？）に状況説明。その後、最初のベッドサイドにいるメンバーを二人決めてもらう。後は、役付け（少なくとも看護師、臨床工学士、医師が1人ずつはいるように）を予め決めておく（様子を見て、リーダーを予め決めるのがよいかも）。上記ができれば、以下のアナウンス

『サクラの臨床工学士（あるいは医師）が ECMO の近くを横切ると突然 ECMO のアラームが鳴ります！！』（電源ソース喪失）

これをもってシナリオ開始。

必要な情報は適宜メンバーに提供。

### <シナリオの進展>

アラームから3秒後に ECMO 電源がオフ⇒SpO<sub>2</sub> が1分毎に10%低下、それにあわせて HR が10bpm ずつ上昇、SpO<sub>2</sub> <60 が2分続くと徐々に血圧低下

(本シナリオでは心停止はさせずに、BP60/30 まで)、ハンドクランクで有効な血流が確立されれば、1分毎に SpO<sub>2</sub> 10%ずつ上昇(ハンドクランクの rpm にあわせて調整)、あるいは、電源喪失を解除(足代の接続がはずれた)あるいは、新しいポンプユニットにすれば、シナリオ終了。

シナリオ開始から10分経っても、根本解決(電源接続、あるいはポンプユニット変更)できない、あるいは宣言できなくてもそこで終了⇒デブリーフィングへ

期待される手順:

1. 最初のメンバー(二人)がアラームへ、人手を呼ぶ
2. ハンドクランクの禁忌がない事(大量の空気、回路の圧異常)がないことを確認して、ハンドクランク
3. 人が来た所で、ブリーフィング、チーム再編成、リーダー同定。チームを ECMO 側と患者側に分ける
4. ECMO 側: ハンドクランクの続行(まだできてなければ、ハンドクランク開始、ハンドクランクの位置の適正化、必要な rpm の確認)、原因検索
5. 患者側: 必要に応じて、呼吸器設定の上昇(FIO<sub>2</sub> 1.0, PEEP↑、PIP↑?、時間があれば iNO{宣言のみで NO の準備がシナリオ中は間に合わない。HFO??)、輸液、昇圧薬
6. 原因を同定して、電源復旧(あるいは、内部バッテリーがダメなのでやはり交換?)