

【要約】

**Optimization of procedures for connecting the CRRT
device into the ECMO circuit**

(ECMO 回路に CRRT 回路を接続する最適な方法の検討)

千葉大学大学院医学薬学府

先端医学薬学専攻

(主任：織田 成人 教授)

菅 なつみ

背景

急性腎傷害や fluid overload を合併する Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO)患者の予後は不良であり， Continuous renal replacement therapy(CRRT)施行率は ECMO 患者の 50-60%に及ぶ． CRRT を ECMO circuit へ接続する方法に関する既存の研究報告は極めて不十分であり， 安全な施行方法は未だ確立されていない． 今回， 圧の面から安全な施行方法を追求することを目的とし本研究を行った．

方法

Ex vivo 実験

Blood centrifugal pump (Rotaflo[®] system, Maquet, Rastatt, Germany), a membrane oxygenator (BIOCUBE 6000, Nipro, Osaka, Japan), conduit tubing (drainage/return line, diameter 12/10 mm, length 180/230 mm, ECMO-P[®], COSMOTEC, Tokyo, Japan), drainage/return cannula (25Fr 50cm/ 17Fr 17.5cm; Biomedics[®] Cannula, Medtronic, Minneapolis, USA)を用いてECMO回路を作成した (**Figure 1A**)． 水を貯留したリザーバーをベッド上に設置し， pumpとリザーバーとの高さの差をH (cm)と定義した． 圧測定は全てPressure display box (Medtronic, Minneapolis, USA)を用いて行った． ECMO blood flow (mL/min)およびHをそれぞれ変化させた条件下で， pre-pump (PreP) ・ post-pump (PostP) ・ post-oxygenator (PostO)の圧 (P[PreP], P[PostP], P[PostP])を測定した． 次に， 耐圧チューブ (diameter 1.5mm, length 15cm, Edwards Lifescience, Inc, Irvine, USA) および高流量三方活栓 (Top corporation, Japan) を用いて， PostPからPrePへCRRT deviceを接続する為のバイパス回路 (90cm)を作成した(**Figure 1B**)． ECMO blood flowを変化させた際のバイパス回路内圧 (P[Bypass])を測定した． 尚， CRRT deviceの警報圧設定 (filter pressure<0 or >200,

outlet pressure<0 or >150mmHg) に基づき, CRRT deviceの返血を安全に接続できる ECMO circuit pressure(safety range)は0-150mmHgと定義した.

臨床における検証

成人患者に対して施行中のECMO circuitにおいて検証した. Ex vivo実験と同様に, 耐圧チューブ (diameter 1.5mm, length 90cm) ・高流量三方活栓を用いてバイパス回路を作成した. 患者とcentrifugal pumpの高さの差(H)は40cmに固定した. **症例1** (Venoarterial (VA) ECMO) : ECMO systemはCAPIOX emergency bypass system, Terumoを用い, 脱血管は24Fr, Toyobo[®]を, 送血管は18Fr, Toyobo[®]を用いVA-ECMOを施行した. 心機能を評価する目的でECMO blood flowを2L/minから5L/minへ変化させる際, PostOとPrePの間に作成したバイパス回路内圧を測定した. **症例 2** (Venovenous (VV) ECMO): ECMO systemはEx-vivo実験と同様のシステムを用い, 脱血管は25 Fr, Biomedics[®]を, 送血管は17 Fr, Biomedics[®]を用いV-V ECMOを施行した. PostP, PreP間に作成したバイパス回路へCRRTを接続し, 各回路圧を測定した.

結果

高低差や ECMO blood flow が ECMO 回路内圧に与える影響

ECMO blood flow 4L/min の条件において, Hを変化させ P[PreP], P[PostP], P[PostO]を測定した. Hが増加するにつれて, 回路内圧は上昇した(**Figure. 2A**). 臨床において想定されるHは40-60cmであり, この範囲においてP[PreP]は陰圧, P[PostP]は過度の陽圧であった. 次にHを40cmで固定し, ECMO blood flowを2L/minから6L/minへ変化させた際の回路内圧を検討した. ECMO blood flowの増加に従ってP[PreP]は低下し, P[PostP], P[PostO]は上昇した(**Figure 2B**). 以上より, 高低差とECMO blood flowを臨床

で想定される範囲で変化させると、P[PreP]、P[PostP]、P[PostO]はいずれも、safety rangeに留まらなかった。

バイパス回路内圧測定

PostP から PreP へ 90cm のバイパス回路を作成し、15cm 毎に P[BypassP]を測定した (Figure 1B)。H を 40cm で固定し、ECMO blood flow=2, 4, 6L/min の 3つの条件において PostP からの距離 : D(cm)を変化させ P[BypassP](mmHg) を測定した。D の増加に伴い P[BypassP]は PostP から PreP にかけて直線的に減少した (Figure 3A)。D=60cm, 75cm において ECMO blood flow に拘わらず安全域に収まった。

臨床例での検証

症例 1 において、D が増えるにつれ P[Bypass]は直線的に減少した (Figure 3B)。症例 2 において、ECMO blood flow 4.1L/min の条件下、P[PreP] 3mmHg, P[PostP] 248mmHg であった。D=60cm において P[Bypass]が適切な圧に収まると予測し、同部位に CRRT device を接続した (Figure 1C)。CRRT 血流量 120mL/min, 透析液流量 1000mL/min, ろ過流量 500mL/min の条件で施行中、CRRT の入口圧 105mmHg, 返血圧 77mmHg と safety range 内であった。

考察

ECMO 回路に作成した bypass 回路には、CRRT 接続に適し安全な場所が存在した。その場所はバイパス回路両端圧から予測しえ、同部位へ接続した CRRT の圧は安全域に収まった。よって、成人 ECMO 患者に対する CRRT 併用療法において、ECMO 回路内に作成したバイパス回路へ CRRT device を接続する方法が最適な施行方法となり得る。