

実践！重症患者の回復を導く循環管理　－循環動態の見える化と補助循環管理の克服

VA-ECMO（PCPS）

－患者をみる × 回路をみる × つなげて考える－



日本医科大学付属病院

急性・重症患者看護専門看護師 島内 淳二



Goal

01

適応と基本原理

VA-ECMOの適応と基本原理を説明できる

02

合併症の把握

合併症とその兆候を早期に捉えられる

03

循環評価の理解

離脱に向けた循環評価を理解できる

患者をみる × 回路をみる × つなげて考える

臨床所見
バイタル・灌流の変化

Flow・RPM
人工肺・カニューレの変化

患者の変化
回路の変化を統合



VA-ECMOとは？

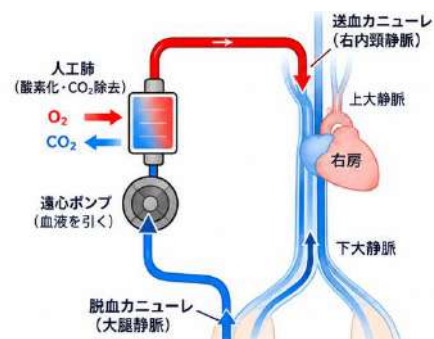
VV-ECMO

脱血カニューレ

大腿静脈から挿入 →
先端は下大静脈・右心房移行部

返血カニューレ

右内頸静脈から挿入 →
先端は上大静脈・右心房移行部



人工肺 (ECMO回路)

ガス交換のみ

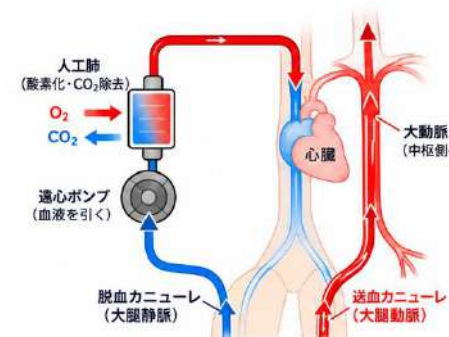
VA-ECMO

脱血カニューレ

大腿静脈から挿入 →
先端は下大静脈・右心房移行部

返血カニューレ

大腿動脈に留置 →
動脈系へ返血



人工肺 + ポンプ (ECMO回路)

ガス交換 + 循環補助

静脈 → ECMO → 静脈 | 目的：ガス交換補助のみ

静脈 → ECMO → 動脈 | 目的：ガス交換 + 循環補助

VA-ECMOは静脈から脱血し、動脈へ返血することで循環を直接補助

どんなときにVA-ECMOを使う？

重症心原性ショック

急性心筋梗塞

劇症型心筋炎

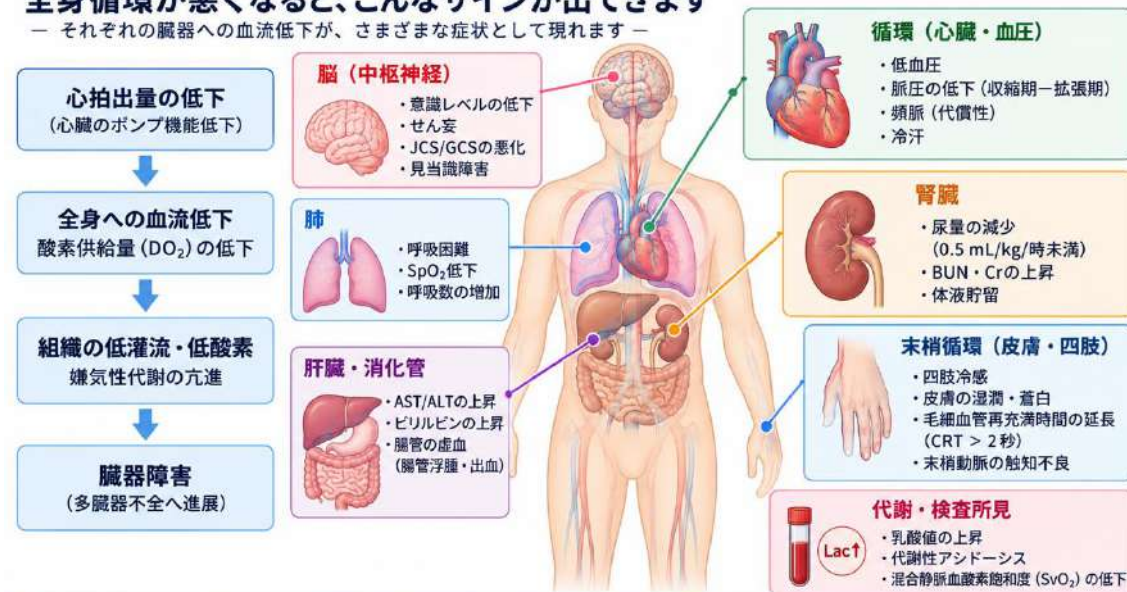
心臓手術後循環不全

ECPR

「患者自身の心臓だけでは全身循環を維持不能」

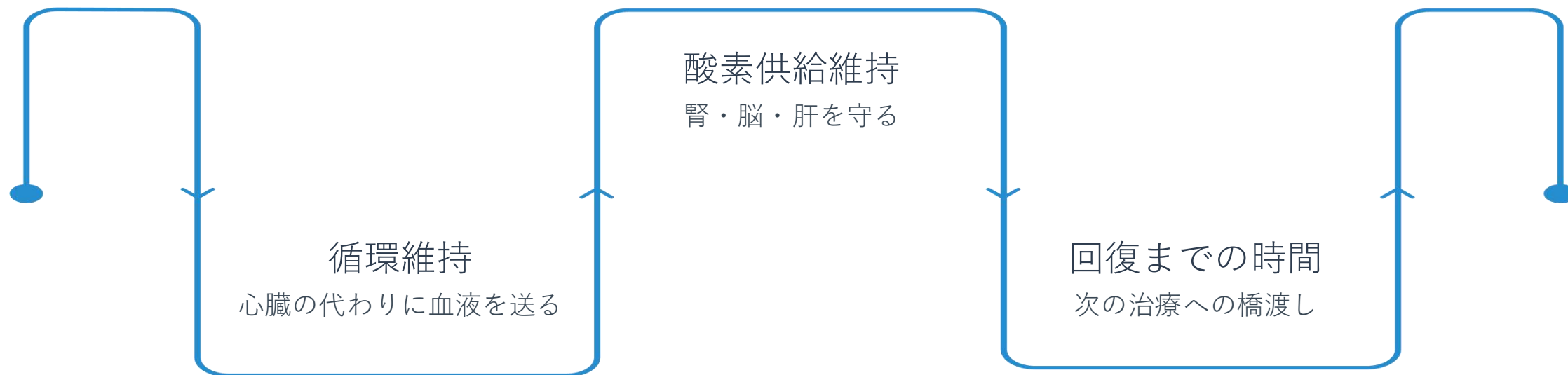
全身循環が悪くなると、こんなサインが出てきます

— それぞれの臓器への血流低下が、さまざまな症状として現れます —



VA-ECMOは、この状態で循環を一時的に補助し、臓器への血流と酸素供給を維持

VA-ECMOは何をしている？



VA-ECMOそのものが原疾患を治すわけではない

Bridge to Recovery

心機能回復まで橋渡し

Bridge to Decision

次の治療方針決定まで

Bridge to Further Therapy

VAD・移植等への橋渡し

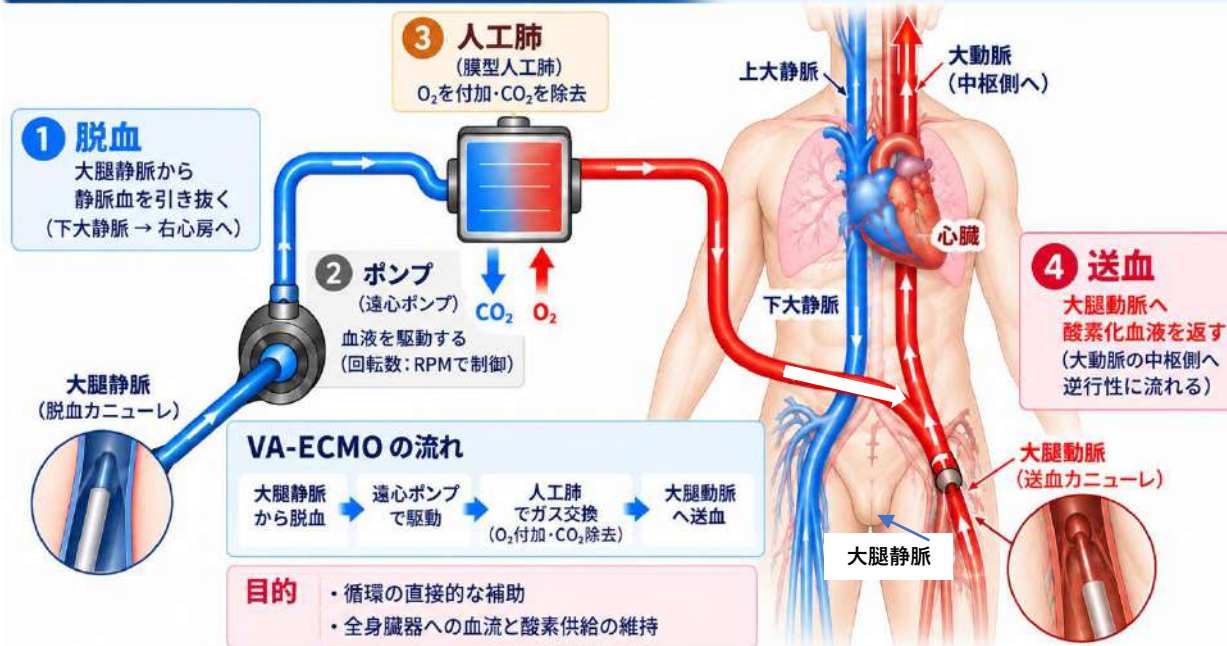


血液はどう流れる？

VA-ECMOの血液の流れ

どこから取って、どこへ返すか

— 静脈から脱血し、動脈へ送血することで循環を直接補助 —



参考・出典：ELSO ECMO Circuit Guideline (Gajkowski EF, et al. ASAIO J. 2022;68:133-152)

<https://www.else.org/ecmo-resources/elseo-ecmo-guidelines.aspx>

図表：上記ガイドラインの医学的内容を参考に作成(掲載図の転載・改変ではなく教育用に再構成)。著作権に配慮して一部生成AIで作成したイラストを使用。

01 脱血

大腿静脈カニューレから
静脈血を引き抜く

02 ポンプ

遠心ポンプで血液を駆動

03 人工肺

O_2 付加・ CO_2 除去

04 送血

大腿動脈へ酸素化血液を返す

□ どこから取って、どこへ返すか

参考・出典：ELSO ECMO Circuit Guideline (Gajkowski 2022) | <https://www.else.org/ecmo-resources/elseo-ecmo-guidelines.aspx>

図表：上記ガイドラインの医学的内容を参考に作成(掲載図の転載・改変ではなく教育用に再構成)。著作権に配慮して一部生成AIで作成したイラストを使用。

ポンプ・人工肺・Sweep

PUMP

血液を動かす
回転数（RPM）で駆動力を制御

ポンプ（遠心ポンプ）

血液を動かす



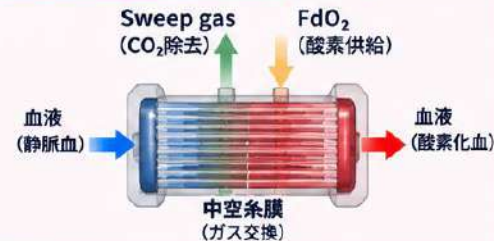
遠心ポンプ

□ OXYGENATOR

O₂を加える
CO₂を除去する
膜型人工肺

人工肺 (Oxygenator)

酸素を加え、二酸化炭素を除去する



役割

- ✓ 血液に酸素を加え、二酸化炭素を除去する
(血液とガスは膜を隔てて交換される)

SWEEP GAS FLOW

主にCO₂除去に影響
Sweep ↑ → CO₂除去 ↑

Sweep gas

主にCO₂の除去を調節する

Sweep gas flow ↑ → CO₂除去 ↑ → PaCO₂ ↓
Sweep gas flow ↓ → CO₂除去 ↓ → PaCO₂ ↑

- ポイント
- ✓ SweepはCO₂除去に大きく影響する
 - ✓ 酸素化の改善を目的に、単純にSweepを上げるのは適切ではない

FdO₂ (酸素濃度)

人工肺を通過する血液の酸素化に関与する

FdO₂ ↑ → 人工肺後の血液の酸素化 ↑

- ポイント
- ✓ 患者の動脈血酸素化は、FdO₂だけでなく ECMO Flow・自己心拍出・肺の酸素化能・(VA-ECMOでは) mixingなどが影響する

「酸素化？ CO₂？ 血流？」

何を変えようとしている設定なのかを考える

Flow と RPM

RPM ↑

≠ 必ず Flow ↑

前負荷・後負荷・回路抵抗によって
実際の血流量は変動

ECMO Flowだけでは循環を評価できない

- MAP
- Pulse pressure
- HR
- Lactate
- Urine output
- Peripheral perfusion

❏ 「Flowが出ている = 循環が良い、ではない」



CASE 1 : Flowが突然低下した

Before

3.5 L/min

After

2.5 L/min

まず何を
見ますか？

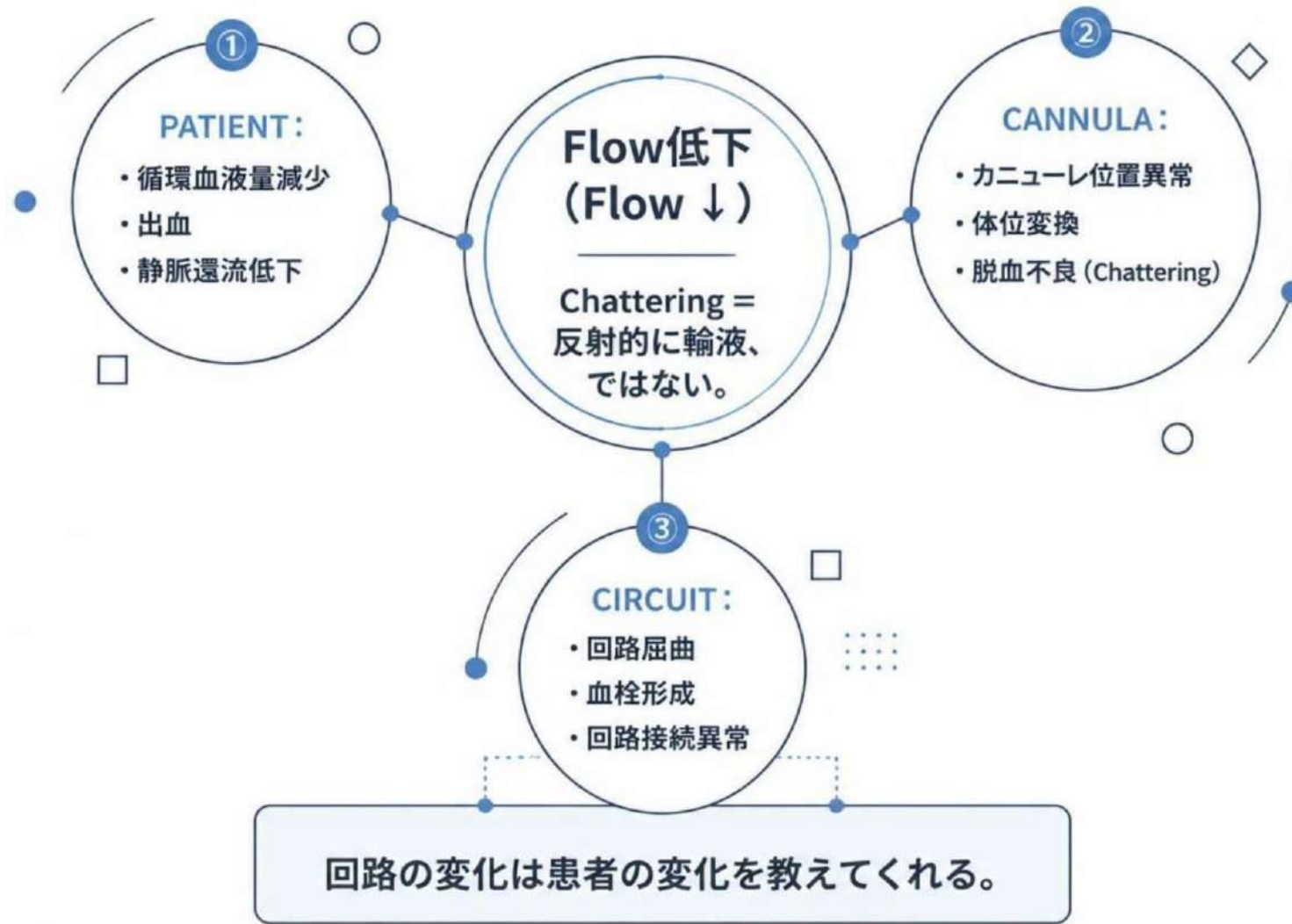
RPMを上げる？

輸液を入れる？

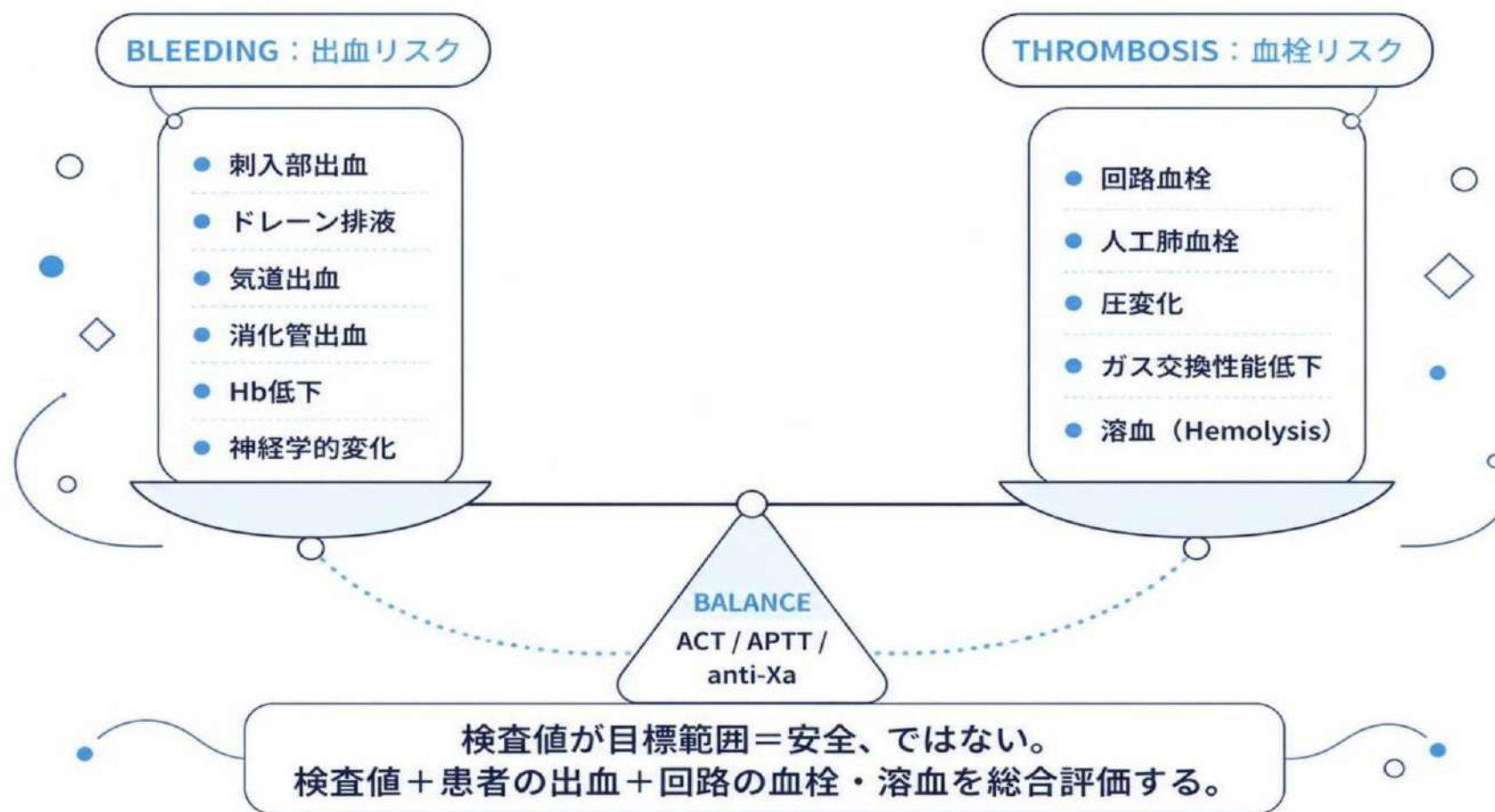
それとも……



Flow低下をどう考える？



抗凝固：出血と血栓のバランス



検査値 + 患者の出血 + 回路の血栓・溶血を
合わせて評価する

CASE 2 : Flowは十分。でも足が冷たい

ECMO Flow
3.5 L/min ✓

MAP
70 mmHg ✓

⊗ 送血側の下肢が冷たい ❄️

❏ 全身循環 ≠ 局所循環

肢虚血の観察項目

Skin color

蒼白・チアノーゼ

Temperature

左右差の確認

Capillary Refilling Time

2秒以上は要注意

Pulse / Doppler

末梢動脈の確認

NIRS

組織酸素飽和度



その他の合併症も見逃さない

NEUROLOGIC

- 意識レベル
- 瞳孔・左右差
- 痙攣
- 脳梗塞 / 頭蓋内出血

INFECTION

- カニューレ刺入部
- 発赤・腫脹
- 排液の性状
- 全身状態の変化

CIRCUIT TROUBLE

- 回路の屈曲・亀裂
- 血栓形成
- 接続部の緩み
- 人工肺・ポンプ異常

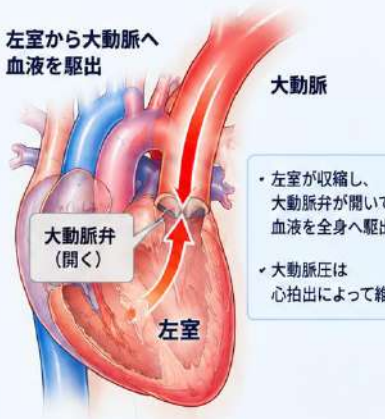
異常 → 患者評価 + 回路確認 + 集中治療医／ECMOチームへ迅速に共有



Flowは出ている。でも左室は？

末梢VA-ECMOが左室に与える影響 — 全身への血流は保てるが、左室後負荷が増大する —

1 通常の心臓の血流 (ECMOなし)



左室から大動脈へ血液を駆出

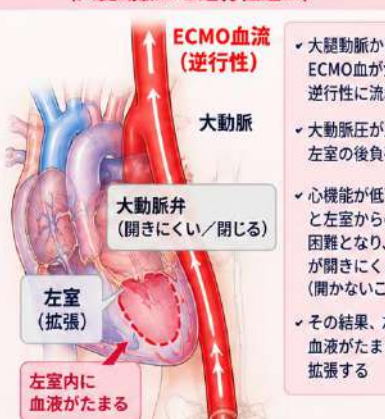
大動脈

大動脈弁 (開く)

左室

- 左室が収縮し、大動脈弁が開いて血液を全身へ駆出
- 大動脈圧は心拍出によって維持

2 末梢VA-ECMO作動時 (大腿動脈から逆行性送血)



ECMO血流 (逆行性)

大動脈

大動脈弁 (開きにくい/閉じる)

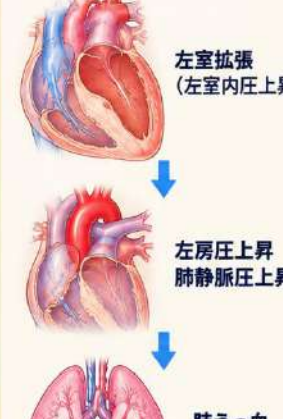
左室 (拡張)

左室内に血液がたまる

大腿動脈からの送血 (ECMO)

- 大腿動脈から送られたECMO血が大動脈を逆行性に流れる
- 大動脈圧が上昇し、左室の後負荷が増大
- 心機能が低下していると左室からの駆出が困難となり、大動脈弁が開きにくくなる (開かないこともある)
- その結果、左室内に血液がたまり、左室が拡張する

3 左室うっ血から肺うっ血へ



左室拡張 (左室内圧上昇)

左房圧上昇 肺静脈圧上昇

肺うっ血 肺水腫

ポイント

- 末梢VA-ECMOでは、大腿動脈からの逆行性送血により左室後負荷が増大する可能性がある
- 心機能が低下していると大動脈弁が開かず、左室に血液がたまる
- その結果、左房圧・肺静脈圧が上昇し、肺うっ血・肺水腫につながる
- ECMO Flowを増やせば全身への血流は増えるが、必ずしも左室にとって良い方向に働くとは限らない

「全身の循環」と「左室の負荷・うっ血」は別の視点で評価することが重要です。

Retrograde Flow

大腿動脈送血 → 大動脈弁に対し逆方向

Afterload増大

左室が血液を吐き出せない

LV Distension

左室が拡張・ストレス増大

肺うっ血

肺水腫・酸素化悪化

❑ 全身への血流確保とLV負荷は同じではない

参考・出典：Lim Y, et al. Acute Crit Care. 2024;39:473-487. | <https://doi.org/10.4266/acc.2024.00801>
図表：上記文献の医学的内容を参考に作成（教育用に再構成）。著作権に配慮して一部生成AIで作成したイラストを使用。

CASE 3 : Flowは十分。でも肺うっ血

ECMO Flow
3.5 L/min ✓

MAP
70 mmHg ✓

⊗ Pulse pressure ↓ / 肺うっ血 ↑ / 酸素化 ↓

「本当に循環は良くなっている？」

観察・評価項目

- Pulse pressure
- Chest X-ray
- Oxygenation
- LV size / AV opening
- Echocardiography

❑ ECMO Flowが出ている ≠ LVが十分にunloadingされている



SpO₂ 98%なら安心？

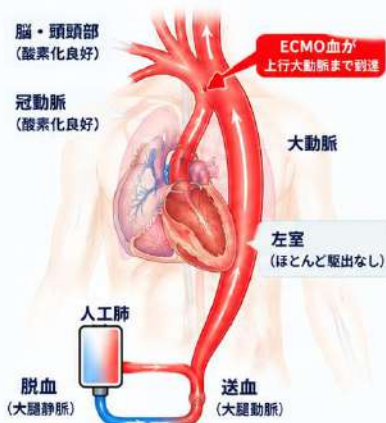
ハーレクイン症候群と Mixing point

— 2つの血流がぶつかる場所が、上半身の酸素化を左右する —

ハーレクイン症候群とは？

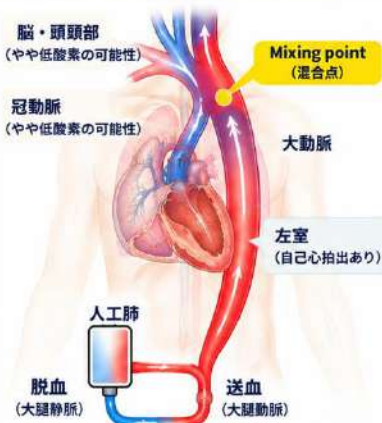
末梢VA-ECMOで、自己心拍出による低酸素血が上行大動脈へ流れ、上半身（脳・冠動脈など）が低酸素となる状態。

A. 心機能が低下している時 (ECMO血が優位)



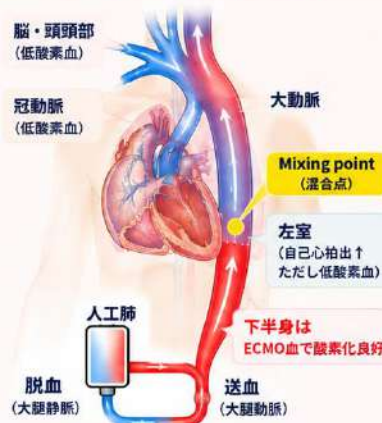
✓ 自己心拍出が少ないため、ECMO血が全身を灌流し、上半身の酸素化は保たれる。

B. 心機能が回復してきた時 (自己心拍出とECMO血が混ざる)



✓ 自己心拍出とECMO血が大動脈内で混ざり、Mixing pointが上行大動脈～弓部付近にある。

C. ハーレクイン症候群 (自己心拍出が強く、肺がまだ悪い)



自己心拍出による低酸素血が上行大動脈へ流れ、Mixing pointが末梢側へ移動すると、脳・冠動脈が低酸素となる。

重要なポイント

- ✓ Mixing pointの位置は、自己心拍出量とECMO Flowのバランスで決まる。
- ✓ 自己心拍出が増え、肺の酸素化が不十分な場合にハーレクイン症候群が起こる。
- ✓ SpO₂は下肢ではなく、右上肢（脳・冠動脈の酸素化を反映）で評価する。
- ✓ 必要に応じて、ECMO Flowの増加、肺の治療、送血部位の変更（中根VA-ECMOなど）を検討する。

ハーレクイン症候群を理解する鍵は
「Mixing pointがどこにあるか」
を意識することです。

⊗ 「どこで測ったSpO₂？」

右上肢SpO₂

Mixing zone上流を反映
最も重要な測定部位

右橈骨動脈血液ガス

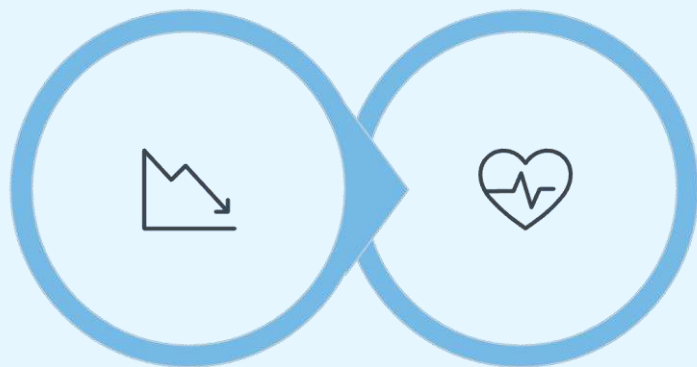
上半身への酸素化を直接確認

Differential hypoxemia

Harlequin syndrome

North-South syndrome

心臓は回復した？ — Weaning



ECMO漸減

自己心臓負荷
増大

⚠ Weaning Trial症例

Flow 3 → 2 L/min

MAP 70 → 58 mmHg

HR 90 → 110/min

末梢冷感 +

⚠ 離脱困難の可能性

HEMODYNAMICS

MAP / HR / Pulse pressure

PERFUSION

Lactate / Urine output /
末梢灌流

DRUGS

昇圧薬・強心薬の必要量

ECHOCARDIOGRAPHY

LV / RV function
AV opening / LVOT VTI

「単一の数値で離脱を判断しない」
介入と反応をセットで評価・報告する



Take Home Message

01

患者を見る

臨床所見・バイタル・灌流の変化を見逃さない

02

回路を見る

Flow・RPM・人工肺・カニューレの変化を観察

03

つなげて考える

患者の変化と回路の変化を統合し、チームへ伝える

Flowが低い

→ なぜ？ Patient / Cannula / Circuit

Flowが出ている

→ 本当に灌流できている？

SpO₂が良い

→ どこで測った？ 右上肢か？

Flowを下げた

→ 患者はどう反応した？

「今、この患者に何が起きているのか」を考える

参考：ELSO VA-ECMO / ECMO Circuit / Anticoagulation Guidelines | <https://www.else.org/ecmo-resources/else-ecmo-guidelines.aspx>
まとめ図表：上記ガイドラインの医学的内容を参考に教育用に作成。



References (1/2)

1. ELSO VA-ECMO Guidelines

Lorusso R, Shekar K, MacLaren G, et al. ELSO Interim Guidelines for Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Adult Cardiac Patients. *ASAIO J.* 2021;67(8):827-844. doi:10.1097/MAT.0000000000001510.

2. ELSO ECMO Circuit Guidelines

Gajkowski EF, Herrera G, Hatton L, et al. ELSO Guidelines for Adult and Pediatric Extracorporeal Membrane Oxygenation Circuits. *ASAIO J.* 2022;68(2):133-152. doi:10.1097/MAT.0000000000001630.

3. ELSO Anticoagulation Guidelines

McMichael ABV, Ryerson LM, Ratano D, et al. 2021 ELSO Adult and Pediatric Anticoagulation Guidelines. *ASAIO J.* 2022;68(3):303-310. doi:10.1097/MAT.0000000000001652.

4. Limb ischemia in peripheral VA-ECMO

Bonicolini E, Martucci G, Simons J, et al. Limb ischemia in peripheral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a narrative review of incidence, prevention, monitoring, and treatment. *Crit Care.* 2019;23:266. doi:10.1186/s13054-019-2541-3.

References (2/2)

5. LV Unloading during VA-ECMO

Lim Y, Kim MC, Jeong IS. Left ventricle unloading during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: review with updated evidence. *Acute Crit Care*. 2024;39(4):473-487. doi:10.4266/acc.2024.00801.

6. Differential hypoxemia / Optimizing PO₂

Winiszewski H, et al. Optimizing PO₂ during peripheral veno-arterial ECMO: a narrative review. *Crit Care*. 2022. doi:10.1186/s13054-022-04102-0.

7. VA-ECMO Weaning Parameters

Charbonneau F, Chahinian K, Bebawi E, et al. Parameters associated with successful weaning of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review. *Crit Care*. 2022;26:375. doi:10.1186/s13054-022-04249-w.