

2013.4.5

沖縄呼吸ケア研究会 症例検討会

PCPS or ECMO 臨床での管理のポイント

県立南部医療センター・こども医療センター MEセンター¹⁾
南部徳洲会病院 臨床工学部²⁾

○玻名城 尚¹⁾ 赤嶺 史郎²⁾



經皮的心肺補助法 (PCPS)

or

膜型式体外循環裝置 (ECMO)



※南部徳洲会より写真引用

※左写真は

PCPS
Or
ECMO

どちらでしょうか？

経皮的心肺補助装置

(**P**ercutaneous **C**ardio **P**ulmonary **S**upport)

<定義>

遠心ポンプと膜型人工肺を用いた閉鎖回路の人工心肺装置で、大腿動静脈経由で心肺補助を行うものとする。

※PCPSは**循環補助**を目的としている

※大腿動静脈が使用できない場合や、外科的な血管確保手技を必要とする場合もあり、基本的な補助循環を目的とした**V-Aバイパス(脱血:静脈、送血:動脈)**で行うものを総称してPCPSと呼んでいる。

膜型人工肺体外循環

(ExtraCorporeal Membrane Oxygenation)

<定義>

重症呼吸不全に対して膜型肺を用いた体外循環により一時的に呼吸補助を行い、機能障害に陥った生体肺機能の回復を待つ方法。

※ECMOは呼吸補助を目的としている。

※専用装置や人工肺はPCPSのデバイスと同じであるため、挿入部位をV-Vバイパス(ECMO)からV-Aバイパス(PCPS)にすれば循環補助が可能となる。

PCPSの基本構成

送血部位 ⇒ 左大腿動脈
脱血部位 ⇒ 右大腿静脈

右心房
下大静脈
大動脈

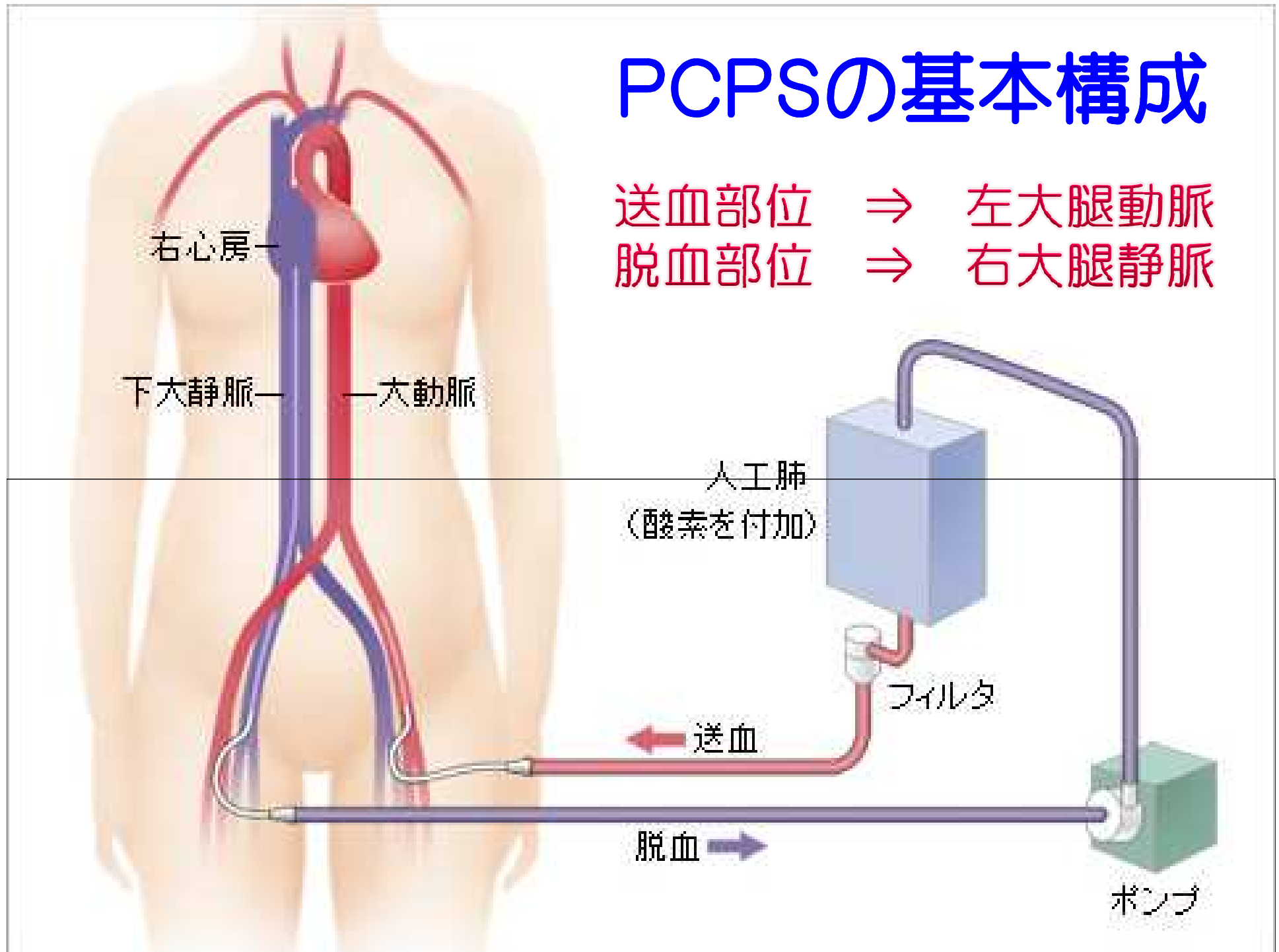
人工肺
(酸素を付加)

フィルタ

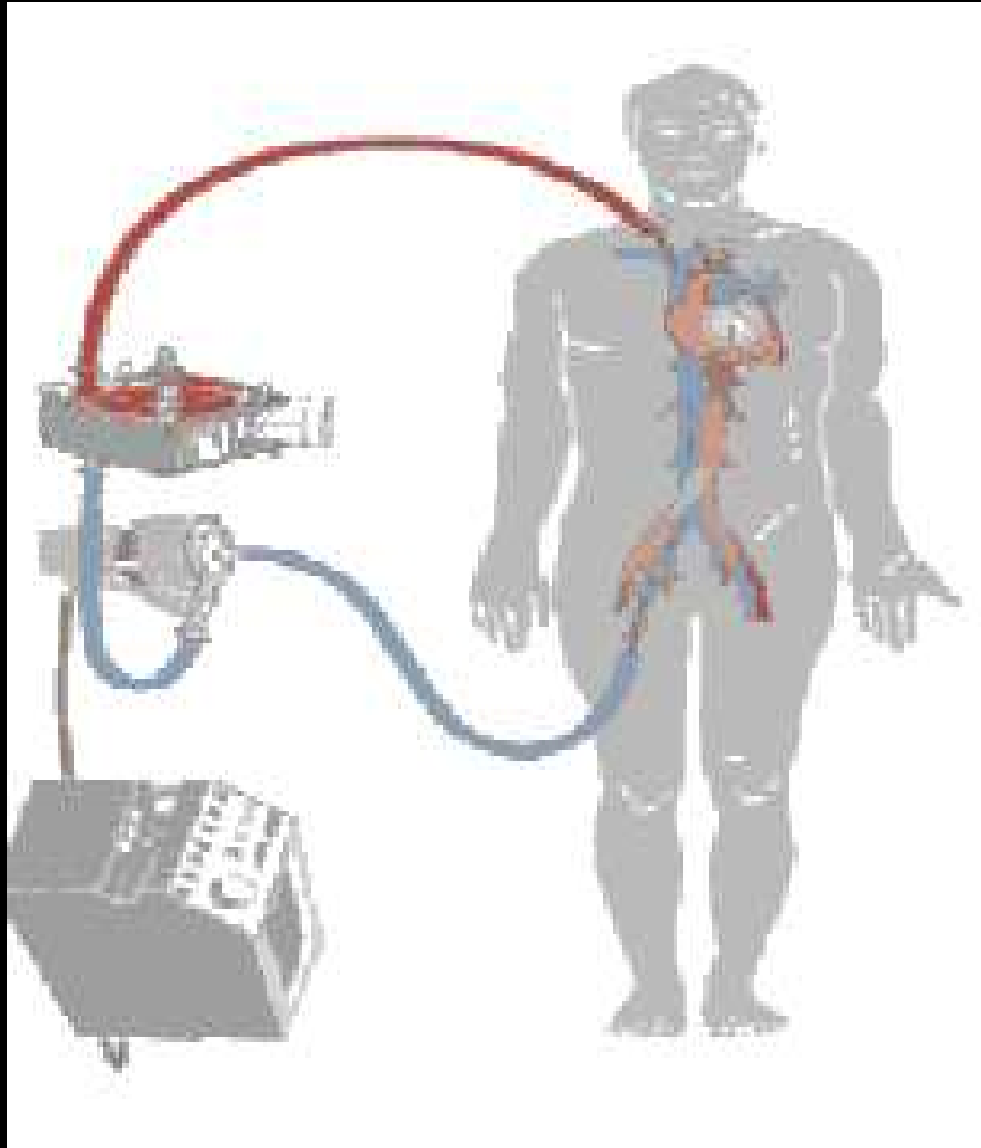
送血

脱血

ポンプ



ECMOの基本構成



脱血:右大腿静脈

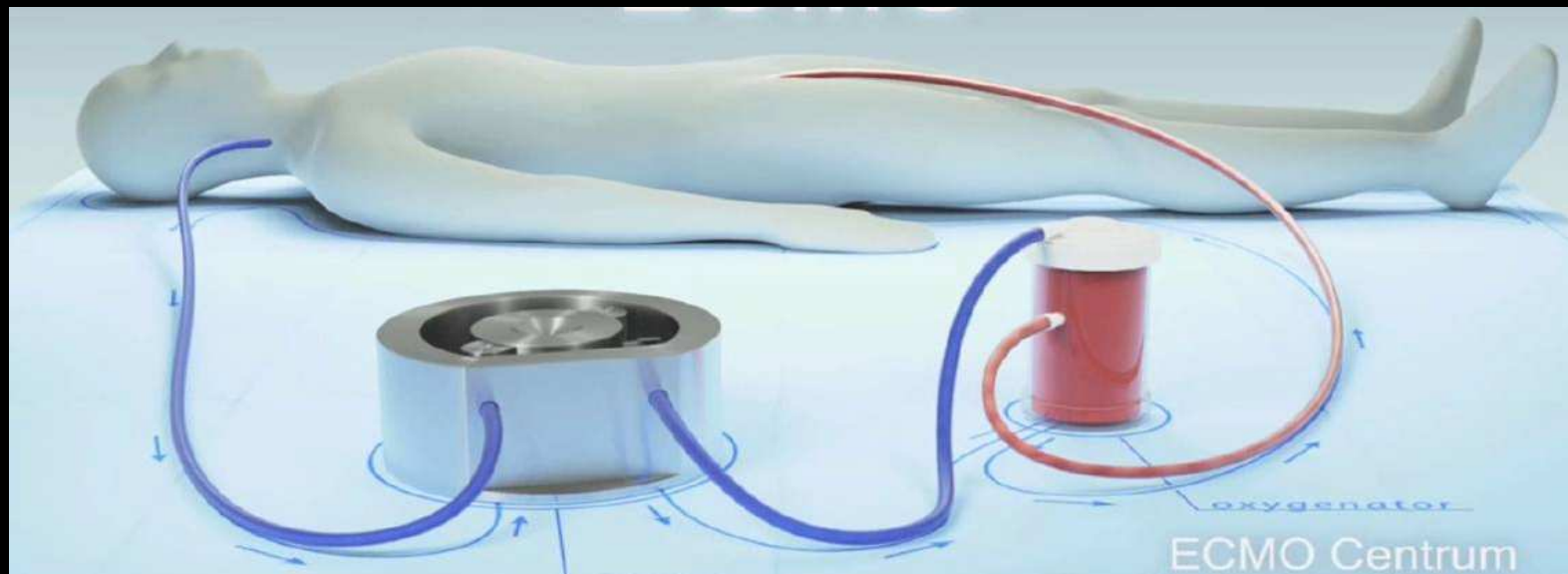
送血:右内頸静脈

<利点>

脱血流量が多くとれる

<欠点>

送・脱血カニューレが
近いとシャントする



送血:右大腿静脈脱血 脱血:右内径静脈

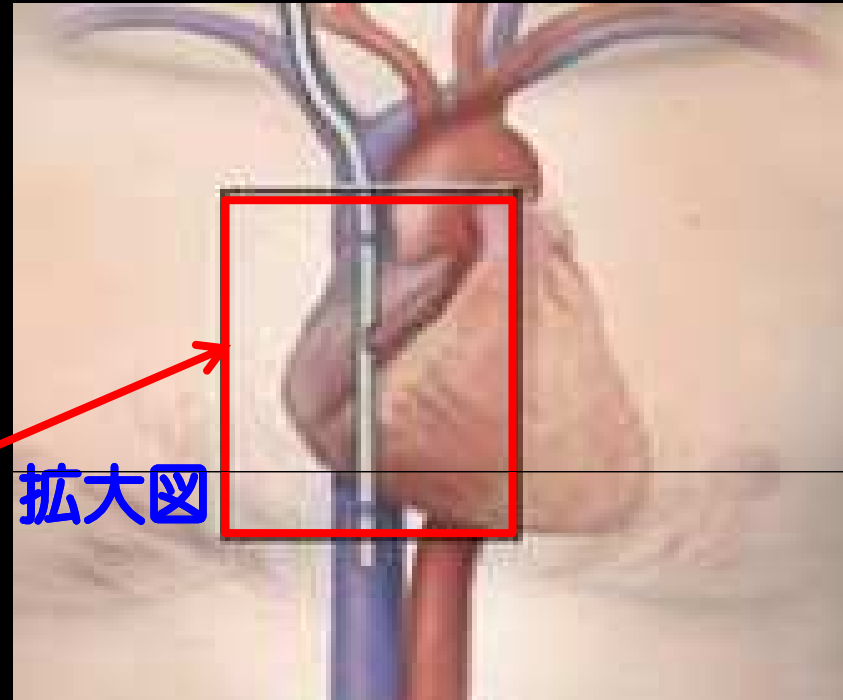
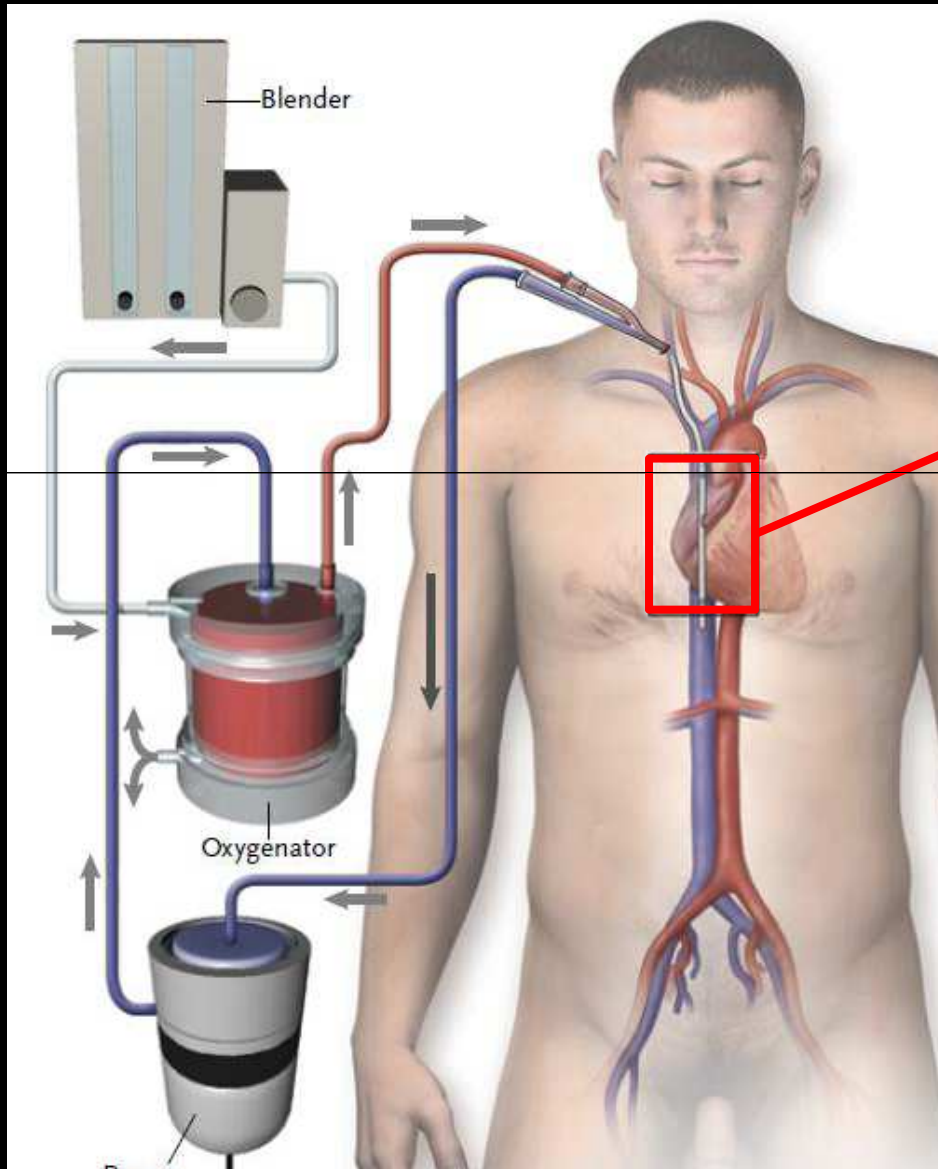
<利点>

- 1、右心房は下大静脈に比べて高流量の脱血が得られる
- 2、細いカテーテルでも高流量の脱血が得られる

<欠点>

右心房で脱血するので酸素化された血液も脱血する可能性あり(シャント)

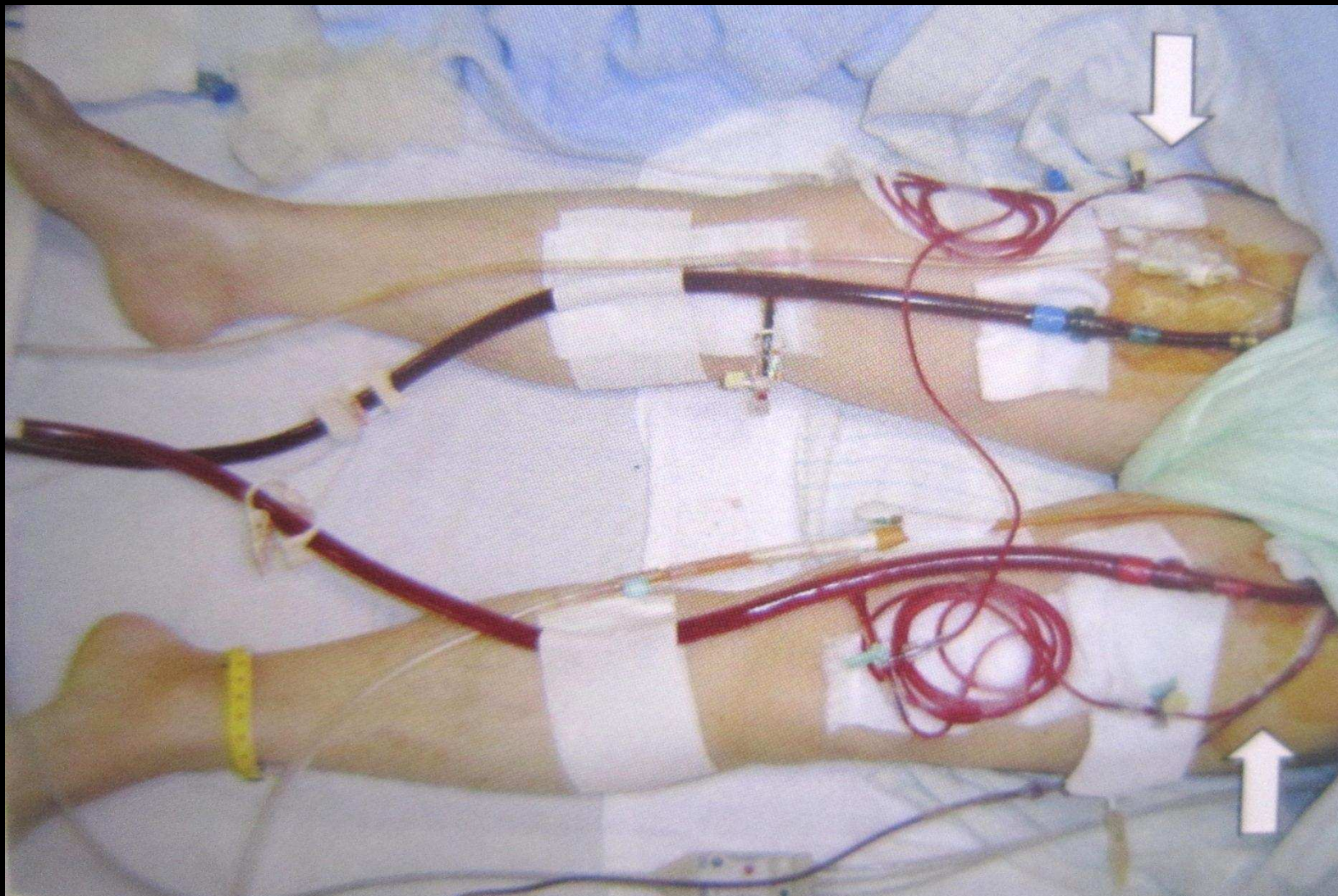
同一部位(送血·脱血)穿刺



拡大図

脱血:右内頸静脈(IVC)
送血:右内頸静脈(RA)

送血・脱血の挿入



送・脱血カニューレ

	メーカー	サイズ (Fr.)
送血	テルモ	15 16.5
	メドトロニック	15 17
脱血	テルモ	18 19.5 21
	メドトロニック	19 21 23

送血カニューレ

サイズが大きいと流量が確保しやすいが、下肢の虚血や挿入部位周囲からの出血のリスクが上がる。

脱血カニューレ

小さいカニューレや脱血不良時による回転数の増加により溶血を起こす(過度の陰圧)

PCPSの適応疾患

緊急心肺 蘇生	心停止や心原性ショックに対する緊急 循環維持
循環補助	①重症心不全に対する循環補助(心筋梗塞・ 心筋症・開心術後など) ②一時的な循環補助(PCI中・心大血管術中)
呼吸補助	重症呼吸不全

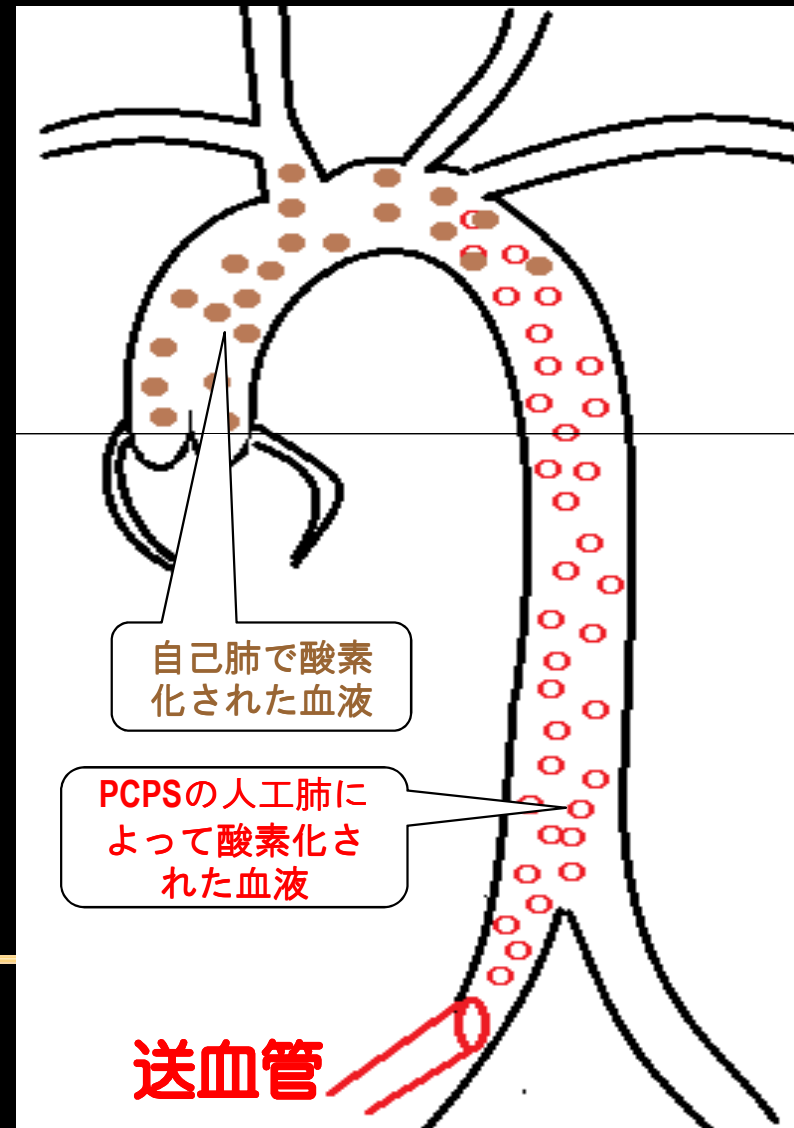
PCPSの禁忌

- 1、高度末梢動脈硬化症
- 2、高度の大動脈弁閉鎖不全症
- 3、末期患者
- 4、コントロールがつかない敗血症・出血
- 5、最近の脳血管障害
- 6、外傷性心傷害
- 7、常温での詳細不明の心肺停止

PCPS中の血流分布

①PCPSの送血部位は大腿動脈から送血しているため、通常の血液循環とは異なります。

②血液ガスは測定する部位により結果が異なります。
(自己肺の評価をするなら右側での採血が良い)



機械的補助循環装置の特徴

	IABP	PCPS	VAD
仕組み	心収縮力を有効に利用する圧補助。 左室後負荷を軽減	心臓のポンプ機能を補助。 代行する流量補助。 両室の前負荷を軽減。	両室の前負荷を軽減。 流量補助。
長所	挿入・抜去や操作が比較的簡単	<ul style="list-style-type: none"> ・IABPでは救命が難しい重症例で用いられる。 ・呼吸補助も可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・長期間安定した循環補助が可能。 ・体内埋め込み型は退院しての継続治療も可能で、心臓移植までのつなぎとして使用される。
短所	圧補助効果を主体とするため、自己動脈圧をある程度以上必要。 高度の大動脈弁逆流、大動脈解離には禁忌。	<ul style="list-style-type: none"> ・抗凝固療法が必要。 ・長期の使用は不可。 ・左室の後負荷がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・抗凝固療法が必要。 ・装着の際は開胸が必要。
補助効果	心拍出量の10%~20%程度を補助(自己心機能に依存する)	心拍出量の50%~70%程度を補助	心拍出量の90%~100%程度を補助

ECMOの適応疾患

心機能が保たれている呼吸不全が適応疾患。

1、ARDS (敗血症も含む)

2、肺炎 (細菌性・ウィルス性・インフルエンザなど)

3、肺外傷 など

ECMO開始の呼吸条件

<低酸素性の呼吸不全>

- 1、重篤な低酸素血症を人工呼吸器では限界がある
- 2、FiO₂:1.0にもかかわらず、SaO₂が90%以下
- 3、PEEPを増加しても、肺胞の再開が得られない

など

<高二酸化炭素性の呼吸不全>

- 1、気道内圧45cmH₂O以上にしてもpH7.0以下になる
- 2、一回換気量を増加してもPaCO₂が45mmHg以上

ECMOの禁忌

1、悪性腫瘍の患者

2、重度の多臓器不全

3、治療に反応のない敗血症ショック患者

4、コントロール不能な代謝性アシドーシス

ECMO > PCPS

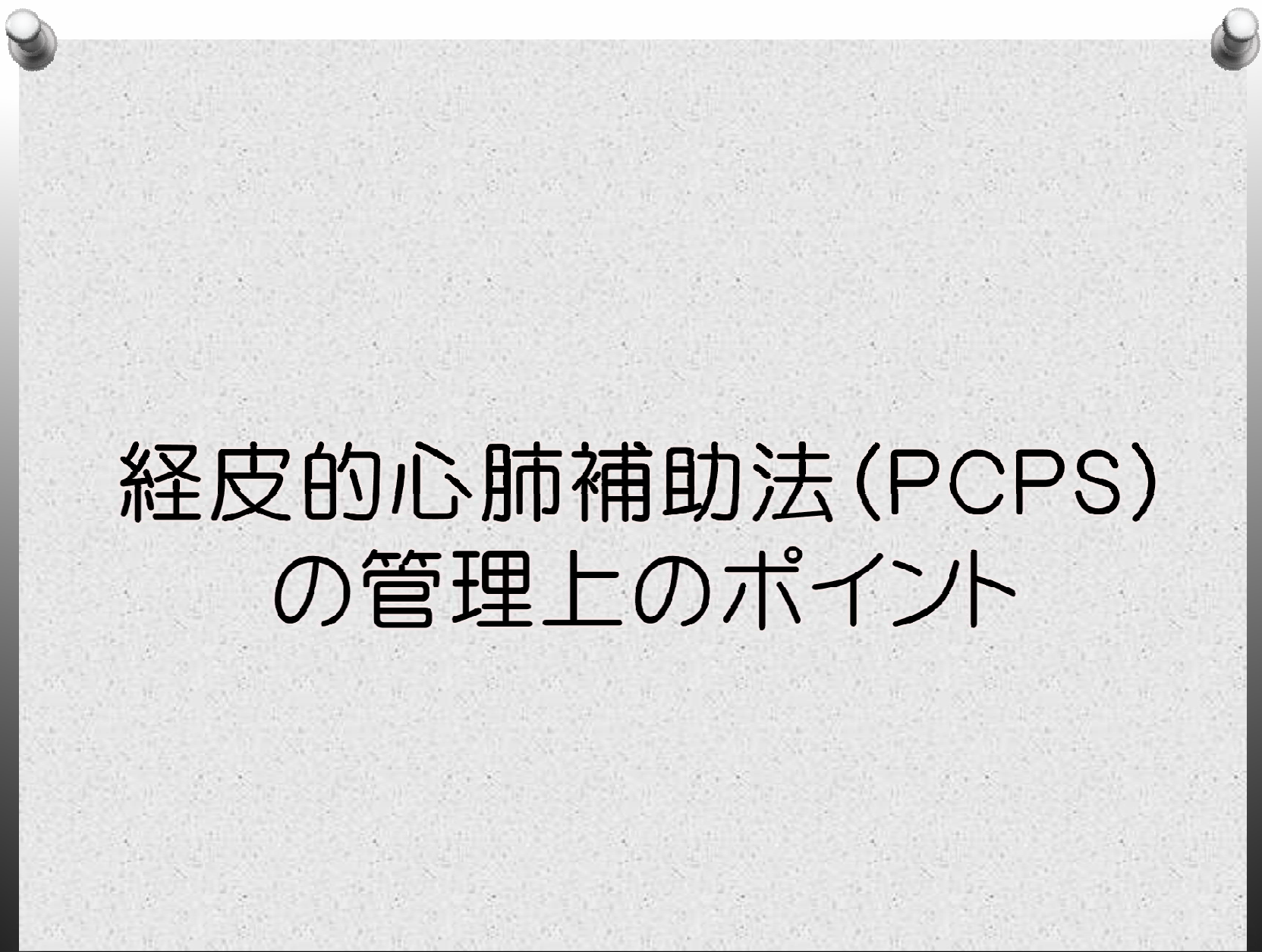
- 1、動脈穿刺をしなくていいので、穿刺手技が簡単
- 2、酸素化された血液を肺に流せる
- 3、血流障害・塞栓症などの合併症の頻度が少ない
- 4、全身の酸素分圧を均一に改善でき、特に脳への酸素化供給に関してはPCPSより有利
- 5、~~下肢の阻血の問題が生じにくい(MNMS)~~



※右下肢の阻血を
防ぐための方法

ECMOのデメリット

- 1、補助循環が期待できない
 - 2、酸素化の効率はPCPSより悪い
 - 3、肺塞栓の様な肺循環が障害された症例では全く役に立たない
-



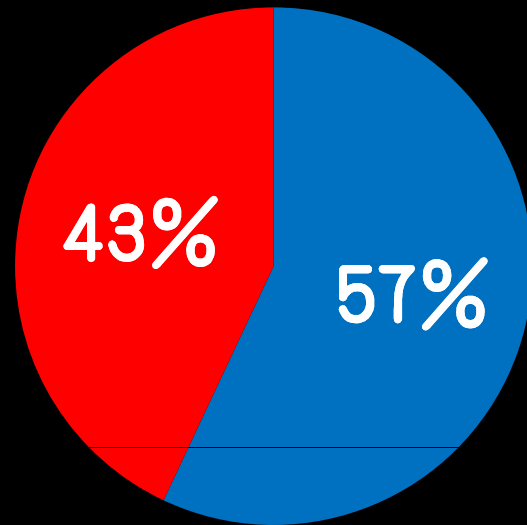
経皮的心肺補助法 (PCPS)
の管理上のポイント

PCPSとECMOの件数(※当院の場合)



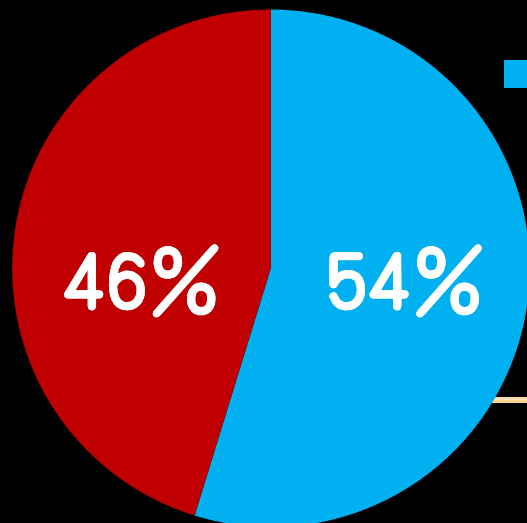
平均装着日数 ⇒ PCPS:6日 ECMO:10日

PCPSとECMOの件数(※当院の場合)



■ 男 ■ 女

平均年齢
男性:73才(3~86)
女性:64才(2~85)



■ 生存 ■ 死亡

PCPS:16症例(死亡:13症例)
ECMO:7症例(死亡:6症例)

導入時



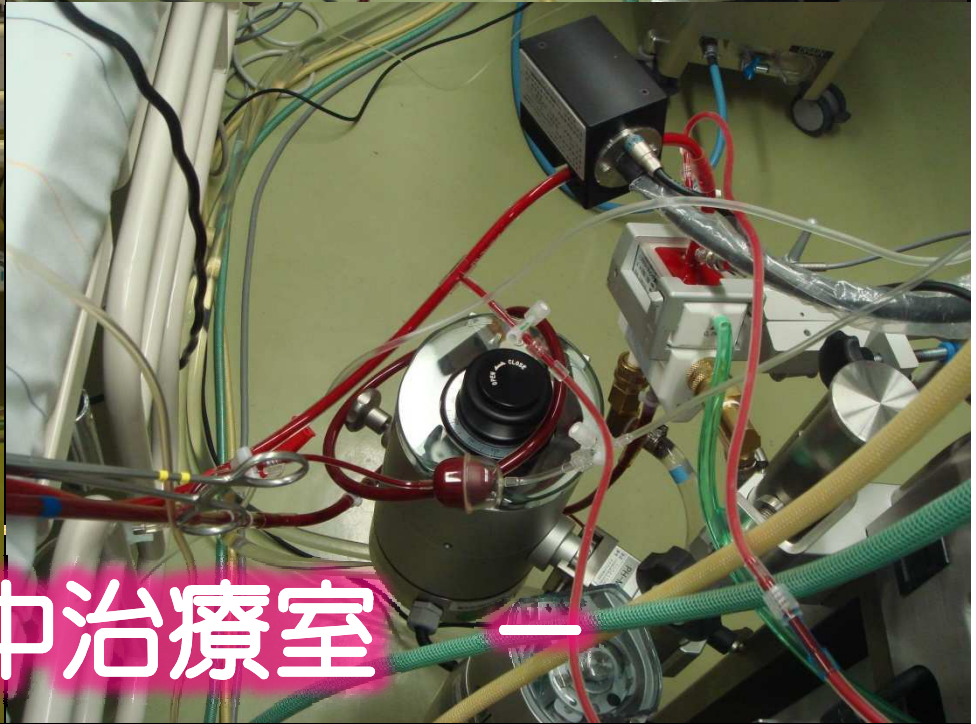
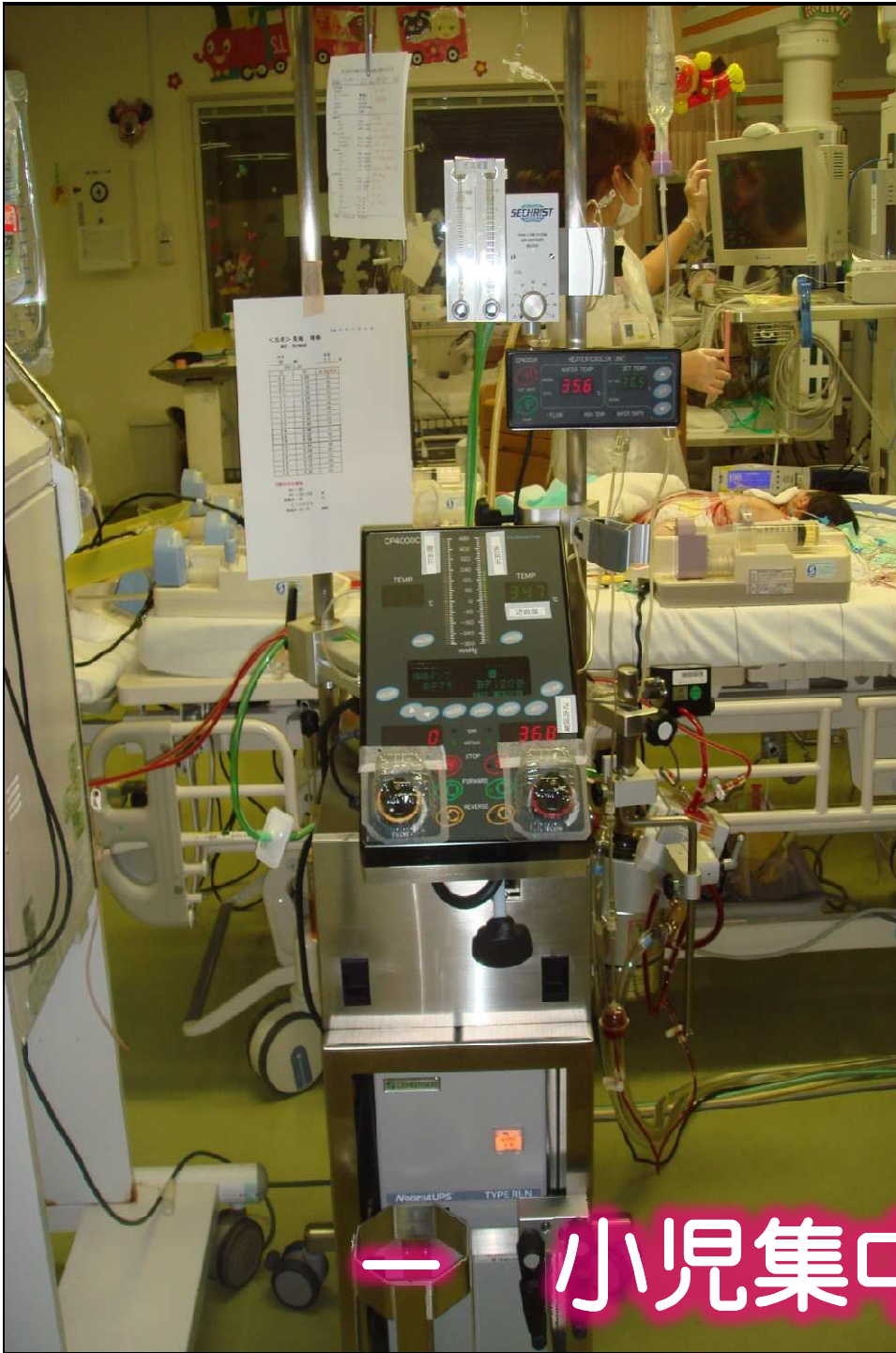
※南部徳洲会より写真引用

— 集中治療室 —

IABP

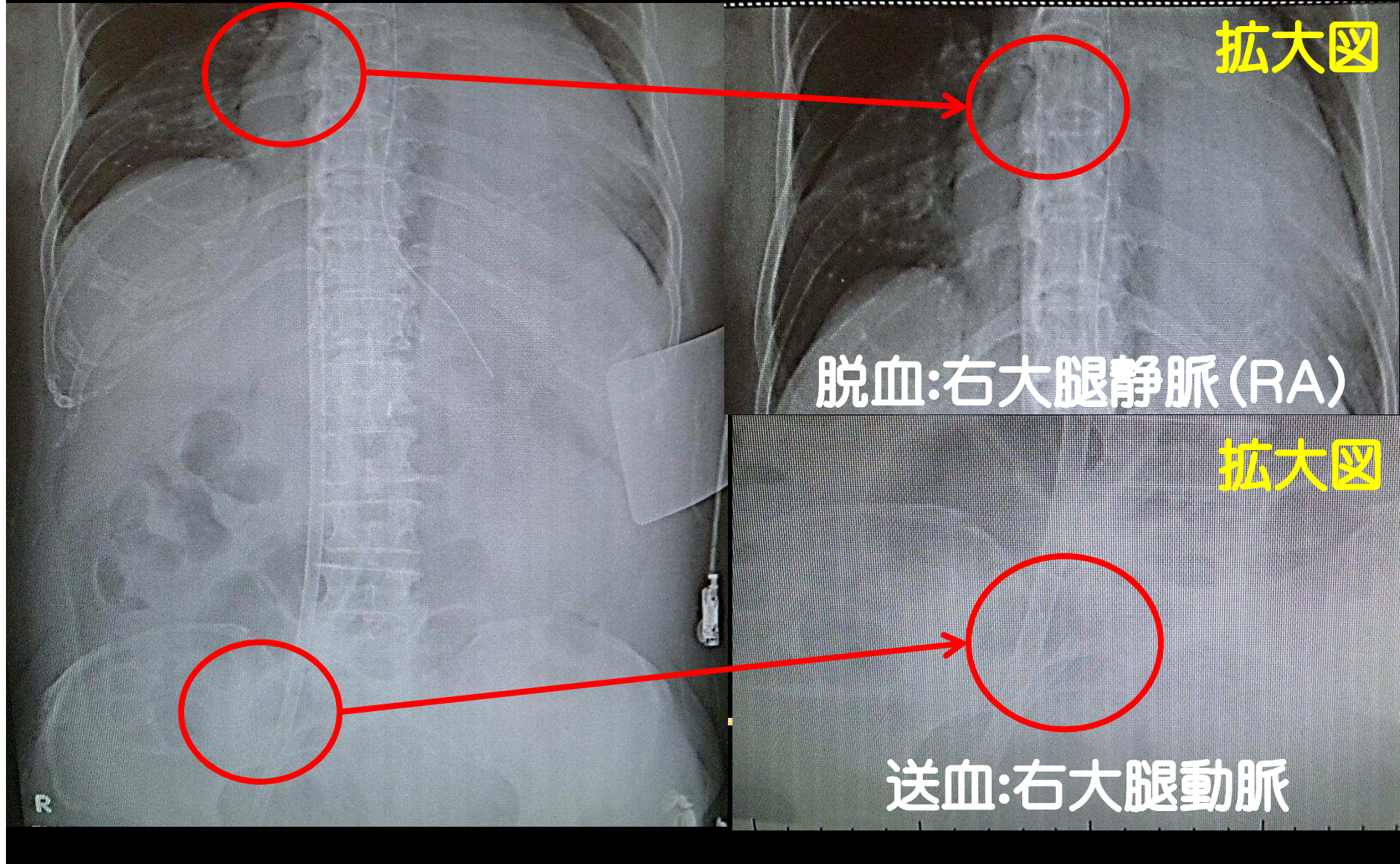
PCPS

- ※ PCPS 送血 ⇒ 左大腿動脈
- 脱血 ⇒ 左大腿静脈
- ※ スワンガンツカテーテル ⇒ 右内頸静脈
- ※ IABP ⇒ 右大腿動脈



— 小児集中治療室 —

XP写真(PCPS)

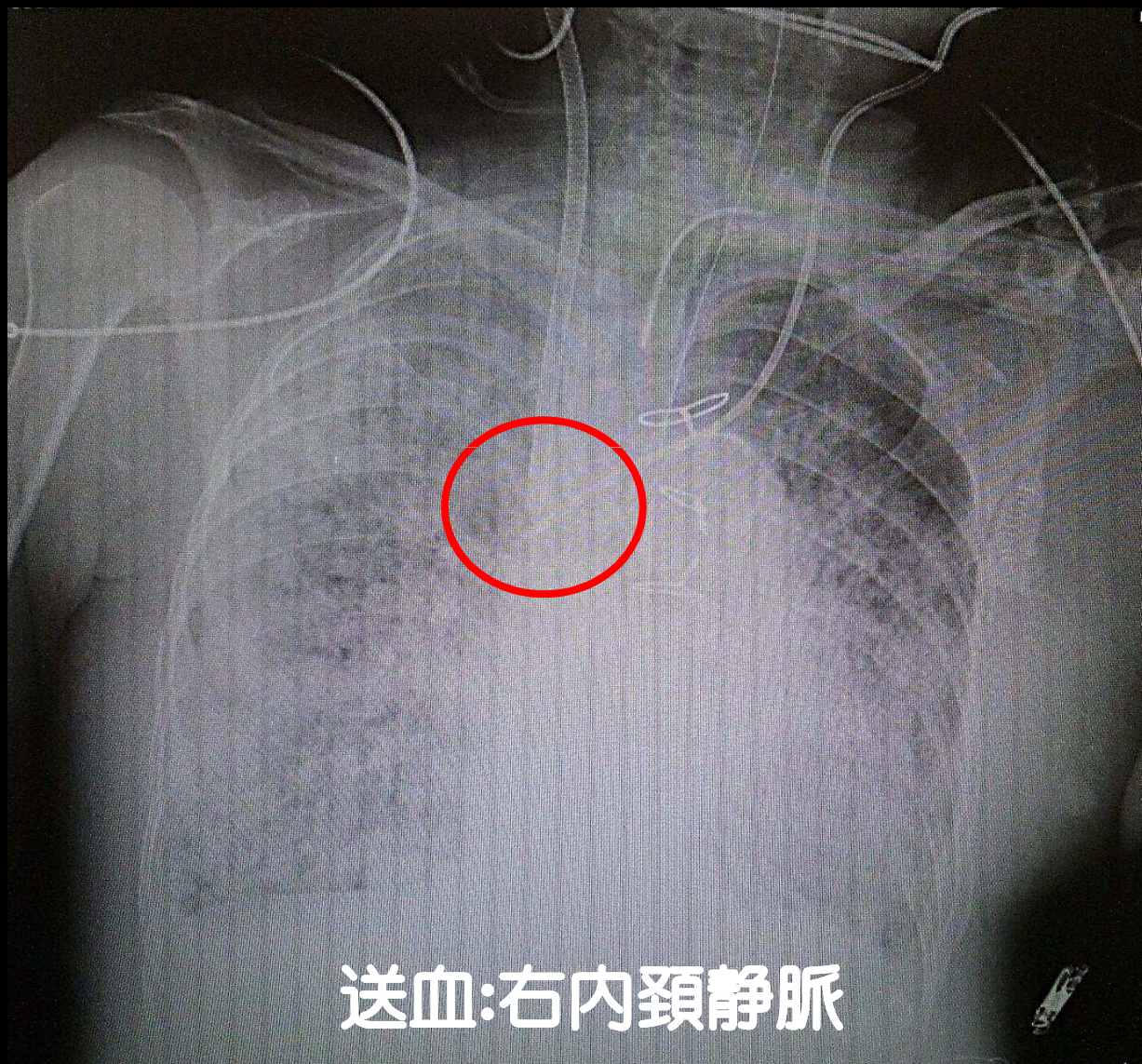


XP写真(ECMO)



脱血:右大腿静脈

XP写真(ECMO)



送血:右内頸静脈

合併症

1、出血・血腫・血管損傷

2、感染

3、血栓塞栓症

4、褥瘡

5、機械的トラブル(溶血・血小板減少)

合併症のチェック項目

1、出血・血腫・血管損傷

- ① 送脱血管挿入部(各輸液ルート挿入部含む)
- ② 消化管出血(NGチューブや便の性状)
- ③ 溶血尿の有無
- ④ ドレーンからの排液の性状
- ⑤ 気道・鼻・歯肉出血の有無
- ⑥ 血液データ値(貧血進行・血液凝固能低下)

ACT値(2~6時間毎) 通常: 150~200秒

※ ~~抗凝固薬(NM・Heの持続投与)~~

2、感 染(抗生物質投与)

- ① 体 温
- ② 送脱血管の挿入部・各輸液ルート
(発赤・腫脹・浸出液の有無・疼痛)
- ③ 血液データ値(CRP・WBC)
- ④ 細菌検査

3、血栓塞栓症

- ① 意識レベル確認
- ② 皮膚変調の状態
- ③ 腫脹や浮腫の有無

4、褥瘡

- ① 皮膚の浸潤・発赤の有無と程度
- ② 栄養状態
- ③ 体位変換と除圧

※ヘッドアップは10～15° までとする。但し、屈曲しやすい場合は側臥位だけローテーションにするなど工夫する。

※清拭や体位変換は2人以上で行う。

※褥瘡形成している場合はその程度、状態にあわせた適切な処置を行う。

遠心ポンプ

ポンプ内に流入する血液に回転運動を加え、遠心力により外部の流出ポートより血液を送りだす。

<利 点>

- ①血球成分の破綻が少なく、長時間の使用可能
- ②大量の空気を送り出さない
- ③校正(オクルージョン)が不要

<欠 点>

- ①ポンプ回転数と流量は必ずしも一致しない
- ②ポンプ停止時には逆流することがある(送血⇒脱血回路)
- ③脱血不良時には溶血が生じやすい

遠心ポンプのトラブル

- ①遠心ポンプの軸受けが**摩耗**している。「キュルキュル」の様な異音がします。



遠心ポンプのトラブル

②遠心ポンプの軸受けに**血栓**ができ軸がぶれている
「カリカリ」「ガタガタ」の様な異音がします。



膜型人工肺

人工肺内の細孔を通じて、血流(外部と)酸素(内部)が流れており、拡散の原理を利用し静脈血を動脈血へガス交換する

ECMOorPCPS用は回路一体型・単品あり、人工心肺用の人工肺にはリザーバーがついている



人工肺



一体型用人工肺



人工心肺用

— 膜型人工肺の劣化 —

1、プラズマ(血漿)リーク現象

長期間使用することにより血漿が漏れ酸素化能が低下する。
(対策:人工肺の交換)

2、ウェットラング現象

人工肺のガス流路に結露がたまり酸素化能が低下する
(対策:酸素フラッシュ)

3、人工肺の交換の目安

一般的には3~4日、使用状況により延びる事がある。
基本的にもう1台をセッティングし交換前後、輸血(RCC・FFP)・輸液(血液希釈液)投与か、回路内残血を輸液パックに返血し輸血するケースもある。



駆動装置・酸素供給装置

< 駆動装置 >

遠心ポンプの回転数を調整する装置。
(回転数・FLOW・駆動時間を表示)

< 酸素供給装置 >

ガス交換能力を評価し、酸素投与量を評価する
(酸素流量:0~10L/min、酸素濃度:0.21~1.0)

酸素流量上げる ➡ PaO₂上昇・PaCO₂低下

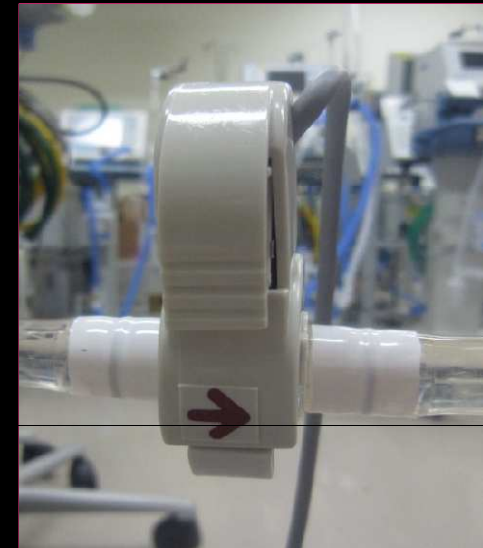
酸素濃度上げる ➡ PaO₂上昇・PaCO₂不変



流量計・冷温水槽

<流量計>

遠心ポンプは回転数で流量が分からないため、流量を測定するため電磁または超音波流量計を設置しています。



<冷温水槽>

人工肺内にある熱交換器の温度調整を行う（体外循環中の血液は温度調整ができないため、冷温水槽により温度を調整する）



器械側のチェック項目(※当院の場合)

1、AC電源の接続確認

7、送血ラインの色調

2、FiO₂/O₂ FLOWの設定

8、酸素チューブラインの確認

3、人工肺(血栓/血漿)の有無

9、酸素フラッシュ(数秒~1分)

4、リークの有無

10、流量

5、脱血回路の屈曲/振動

11、回転数

6、脱血回路のへこみ

12、送血温度/設定温度

トラブルの原因と対処方法

	原因	対処方法
回転数が表示されるのに流量が表示されない	①流量計または遠心ポンプが正しくセットされていない ②流量計の故障	①流量計または遠心ポンプを正しくセットする ②予備器と交換
回転数を上げてても流量が上がらない	①送血・脱血回路の逆接続 ②回路の折れ曲がりまたは回路をクランプしている	①ポンプを停止し、回路を正しく接続する ②回路の閉塞部位を確認
「LOW BATTERY」警報が鳴る	AC電源の接続忘れ	直ちにAC電源に接続する
動脈側の血液が黒い。または人工肺出口部のABGの値が悪い	①酸素ガスの投与忘れや供給の低下 ②酸素供給ガスの条件不足	①酸素供給装置やラインの確認 ②適切な設定にする
脱血回路が潰れていたり震えている	脱血回路の位置または循環血液量の不足	脱血回路の位置を確認。または、補液・輸血を行う
脱血回路が異常に赤い	①脱血・送血回路が同一血管に入っている	①脱血・送血回路の挿入部位の確認

循環管理の目標

1、補助流量 ≥ 2.0

自己拍出が良くても低流量では血栓形成する

2、平均動脈圧 $\geq 70\text{mmHg}$ (DCM $\geq 60\text{mmHg}$)

3、中心静脈圧:2~12mmHg

4、 $\text{SvO}_2 \geq 70\%$

スワンガンツカテーテルによる心拍出量は指標とならない。

5、尿量 $\geq 1\text{ml/kg/hr}$

必要以上に流量を上げ左室負荷をかけない

後負荷軽減・冠血流増加目的にてIABP併用(不整脈・ST変化)

※ PCPS中は、致死性不整脈が出現しても体循環は維持されるが、心筋にダメージを及ぼすため、不整脈をコントロールしておくことが必要。

※ PCPS中は冠循環は改善されないため、ST変化にも注意する。

ECMOの離脱基準

重症呼吸不全におけるECMO離脱の可否は、血液ガス・肺コンプライアンス・XP写真の改善の程度で総合的に判断する。

人工呼吸器設定

- ①FiO₂ < 0.6
- ②PEEPは10cmH₂Oまで下げる
- ③PIP < 20cmH₂O

ECMO設定

- ①FLOWを1~2L/minまで下げる
- ②Gas FLOWをOFFにする

血行動態・血液ガスが良好

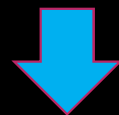
ECMO離脱

PCPSの離脱方法

離脱開始時期の決定
(通常:3~4日)



- ①流量を0.5~1L/minまで減量
- ②送血・脱血回路をクランプ



2~3分後

※以下の離脱基準を満たすこと

- ①収縮期圧 > 80mmHg
- ②CVP < 12mmHg
- ③LAP (PCWP) < 12mmHg
- ④心係数 > 2.0L/min/m²
- ⑤PaO₂・PaCO₂が正常
- ⑥ドレーン出血量が少なく輸血で十分(開心術後)

特殊なケース (PCPS + CRRT + PMX)



※南部徳洲会より写真引用

まとめ

PCPS・ECMOは頻繁に行われるような治療ではないため、適応・禁忌・導入基準を理解し、常時対応できるよう装置の保守点検整備や、回路・カニューレなどの在庫管理、シミュレーショントレーニングなどを行う必要がある。

重症患者が対象であり、侵襲度の高い治療方法であることから、合併症や機器トラブルを軽減するためには、医師・看護師・臨床工学技士など他職種との協力・連携が必要となる。