

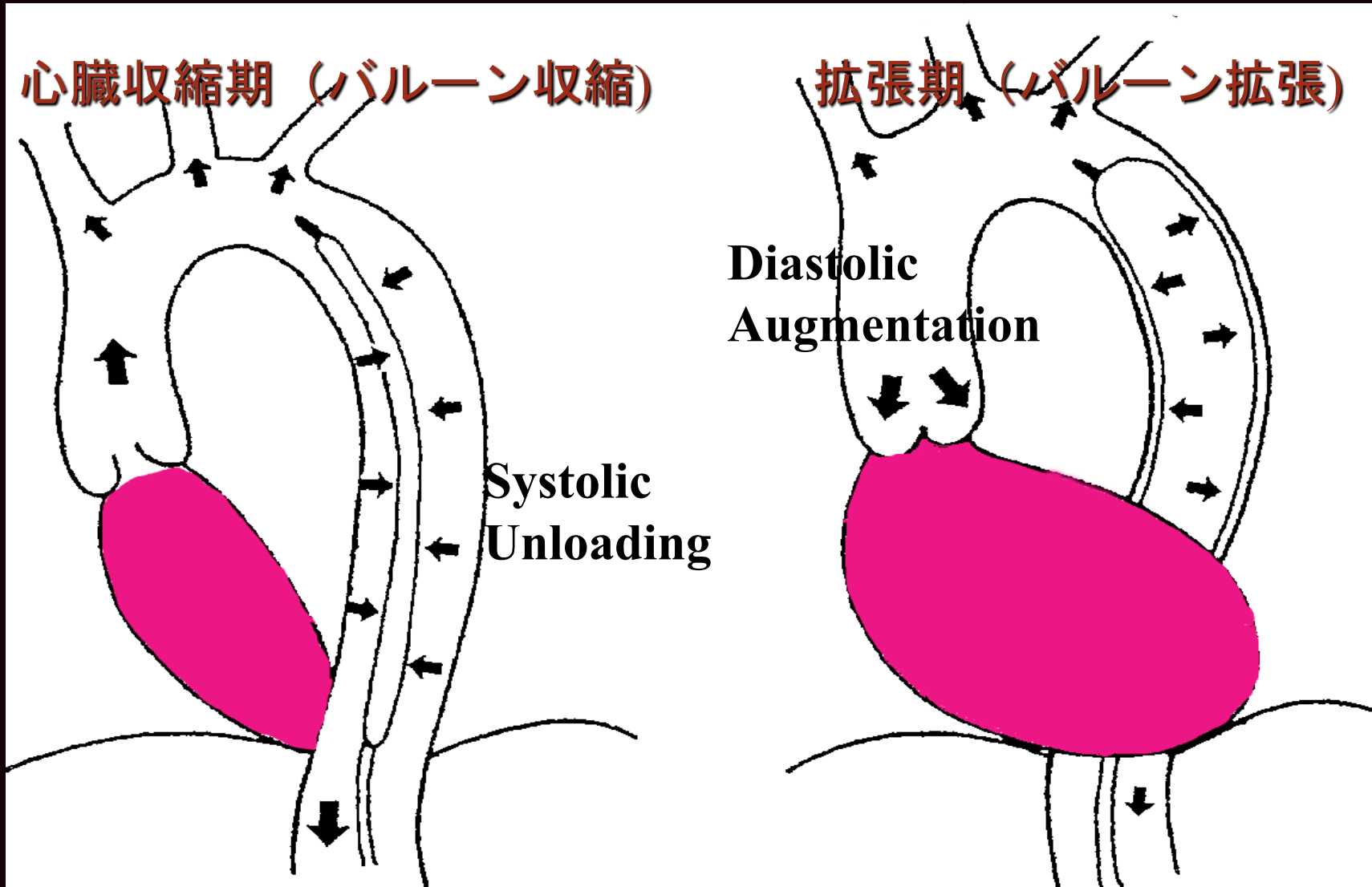
# PCPS ( ECMO ) の様々な使い方と位置付け

心臓血管外科  
西村和修

# 循環・呼吸の機械的補助

- ◆ IABP (Intra-aortic Balloon Pumping)
  - 圧補助、Systolic Unloading, Diastolic Augmentation
  - 平均血圧上昇、後負荷軽減、冠灌流の増加
  - ある程度心拍出量が保たれていることが原則
- ◆ 補助循環
  - ECMO/ PCPS
  - 体外設置VAD（補助心臓）
  - 植え込み型VAD
  - 完全置換型人工心臓（TAH）

# IABPの原理



# 補助循環の種類と役割

適用理由	補助循環の種類	補助期間
1. 急性心不全の循環補助	IABP, PCPS	1-2W
2. 心臓外科術後心不全	PCPS, LVAD	1-2W
3. 移植までのつなぎ	LVAD, BVAD, TAH	1-12M
4. 心機能回復までのつなぎ	LVAD	3-12M
5. 心移植代替治療	LVAD, BVAD, TAH	2-5 Y

# PCPS (Percutaneous Cardio-Pulmonary Support)

## 経皮的心肺補助装置

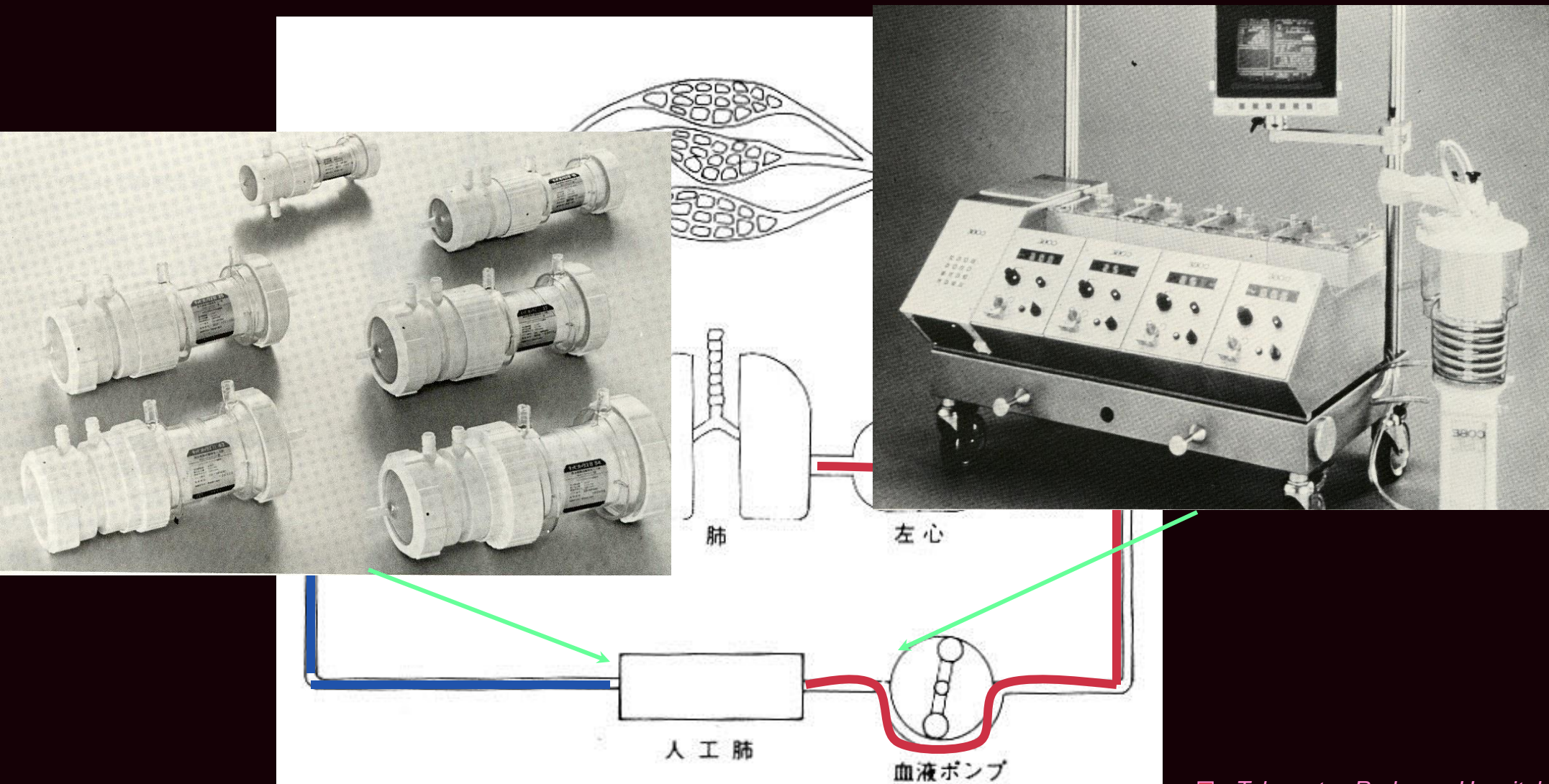
### ◆ 一般的な定義

- 大腿静脈から右房に脱血管挿入、
- 遠心ポンプ使用
- 人工肺で酸素化
- 大腿動脈へ送血

### ◆ 流量補助 (IABPは圧補助)

- より強力な循環補助 (全流量の70-90%まで可能)

# 体外循環での心肺補助とは？





# 用語の整理

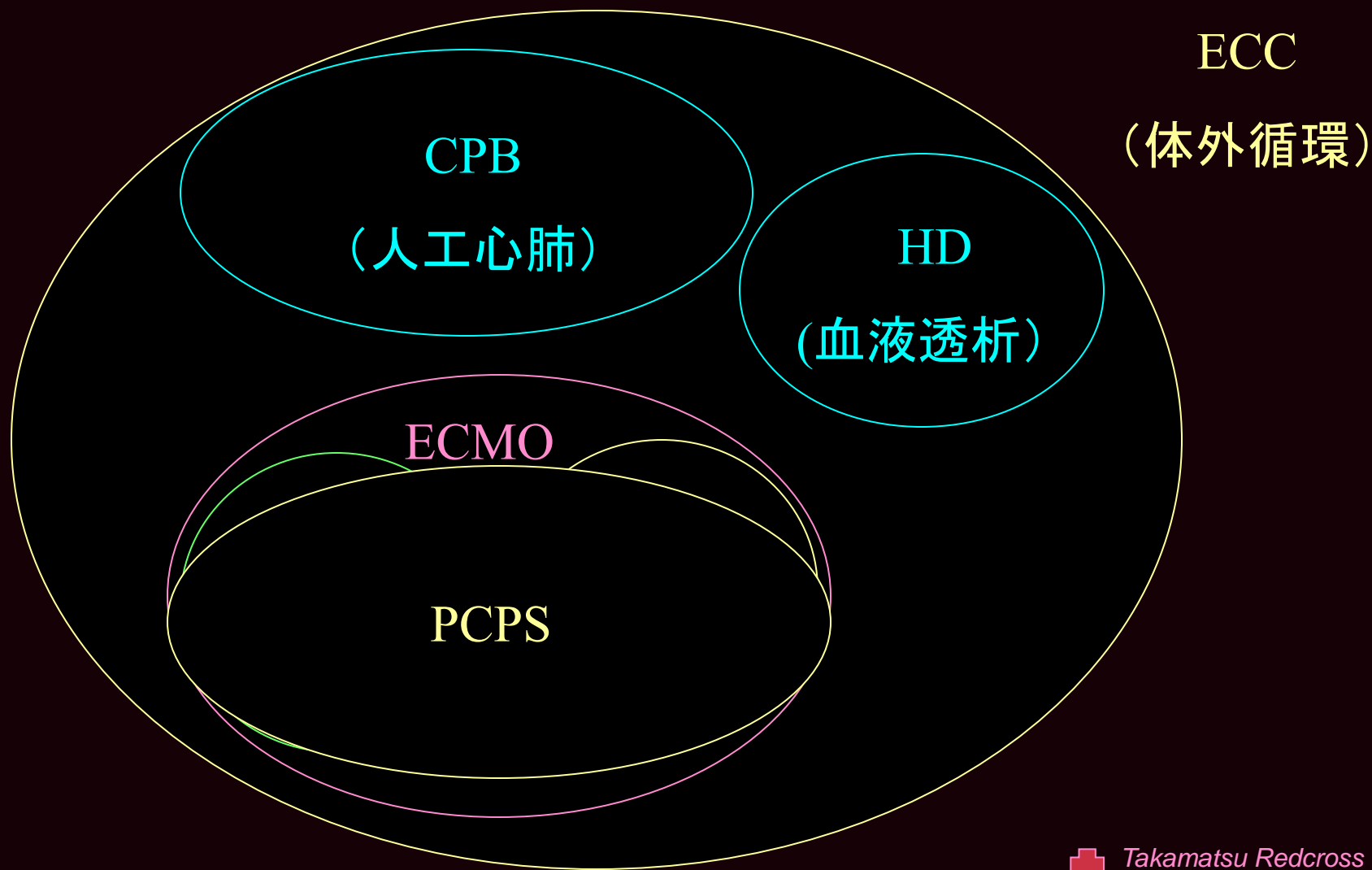
- ◆ **ECC (Extra-Corporeal Circulation)**  
体外循環（広義、いったん血液を外に出す方法）
- ◆ **CPB (Cardio-Pulmonary Bypass)**  
心肺バイパス（心臓手術時）
- ◆ **ECMO (Extra-Corporeal Membranous oxygenation)**  
膜型人工肺を用いた体外循環の総称  
V-A ECMO, V-V ECMO  
カニューレは経皮的でも、心大血管直接でも
- ◆ **ECLA (Extra-Corporeal Lung Assist)**  
狭義の肺補助
- ◆ **PCPS (Percutaneous Cardio-Pulmonary Support)**  
経皮的な心肺補助装置

## 用語の混乱と整理

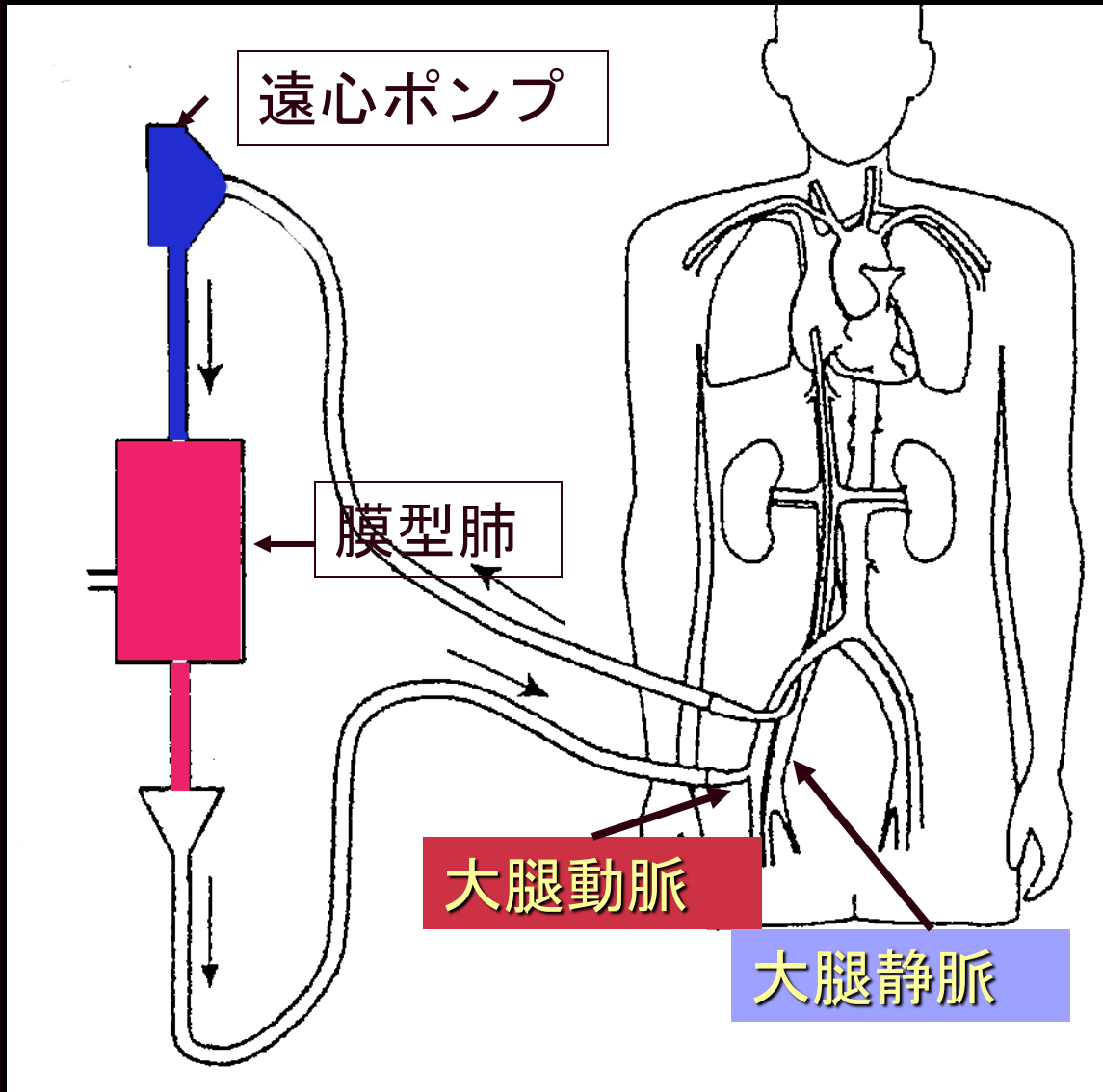
- ◆ どの臓器を保護するか
  - 心臓および肺
  - または肺のみ
- ◆ カニューレの位置
  - 経皮的送血（大腿動脈） 脱血（大腿静脈→右房）
  - 経皮的送血（内頸静脈） 脱血（大腿静脈→右房）
  - 直接右房、上行大動脈



# 大まかな分類と用語

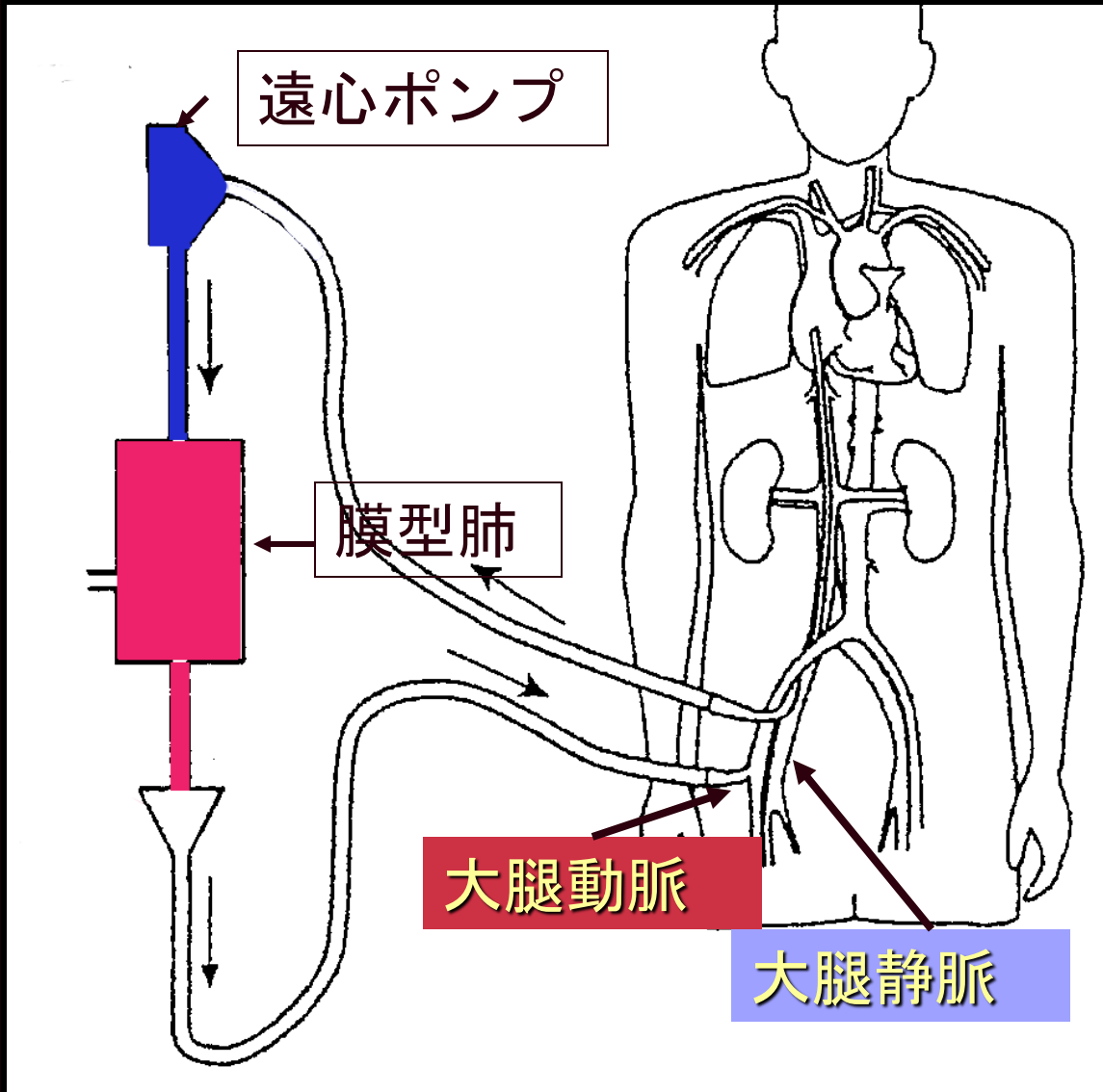


# PCPS (V-A)



- ◆ 大腿—右房に脱血管 (Vein)
- ◆ 大腿—外腸骨動脈に送血管 (Artery)
- ◆ 遠心ポンプと膜型肺

# PCPS (V-A)時の酸素化

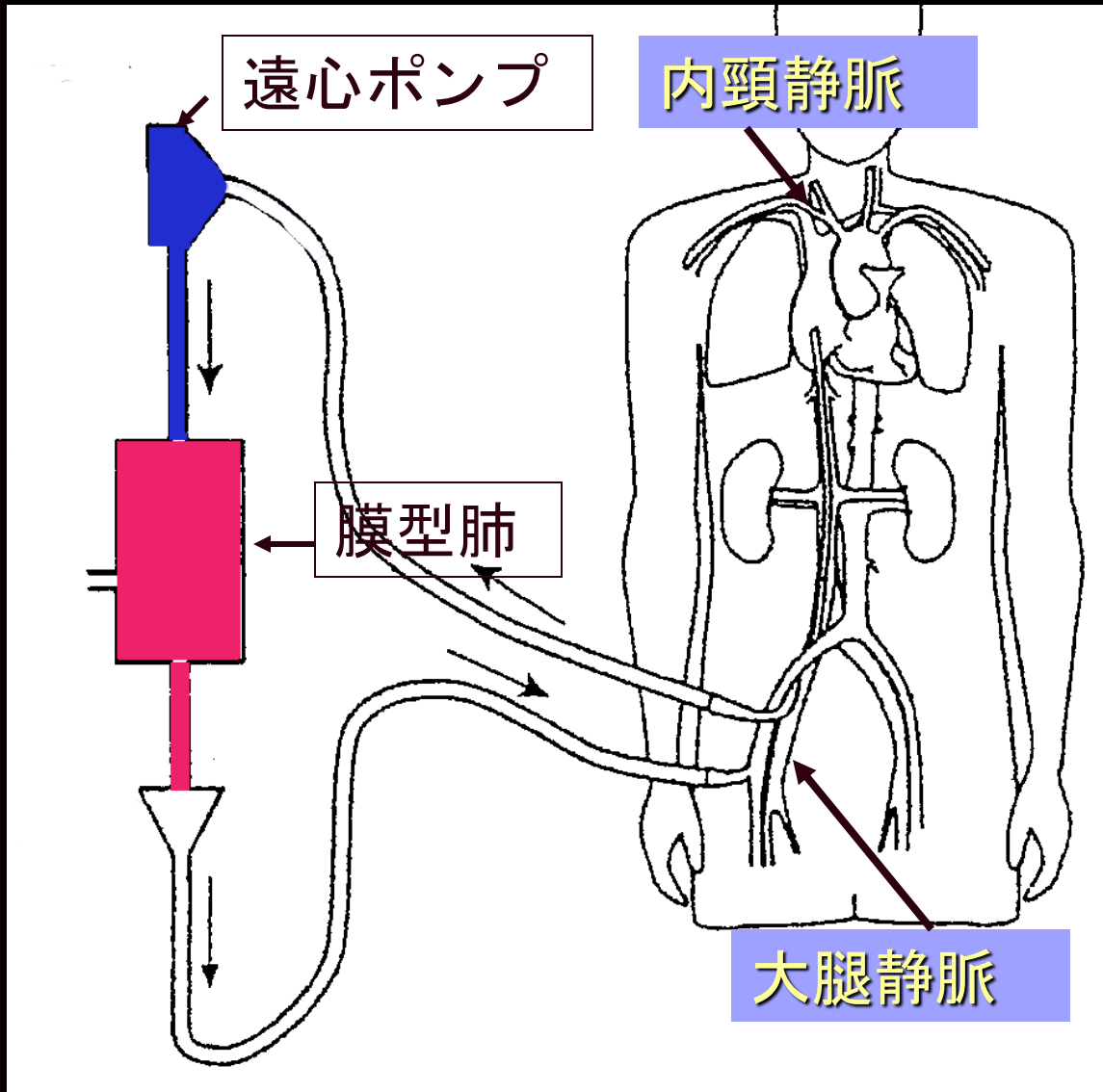


- ◆ 酸素化された血液は大腿から逆行性に送血
- ◆ 自己肺を通った血液は（自己の $PO_2$ で）冠動脈、脳灌流を行う
- ◆ 一般にはポンプ流量にもよるが下行大動脈あたりで競合

## PCPS (V-A)時の注意点

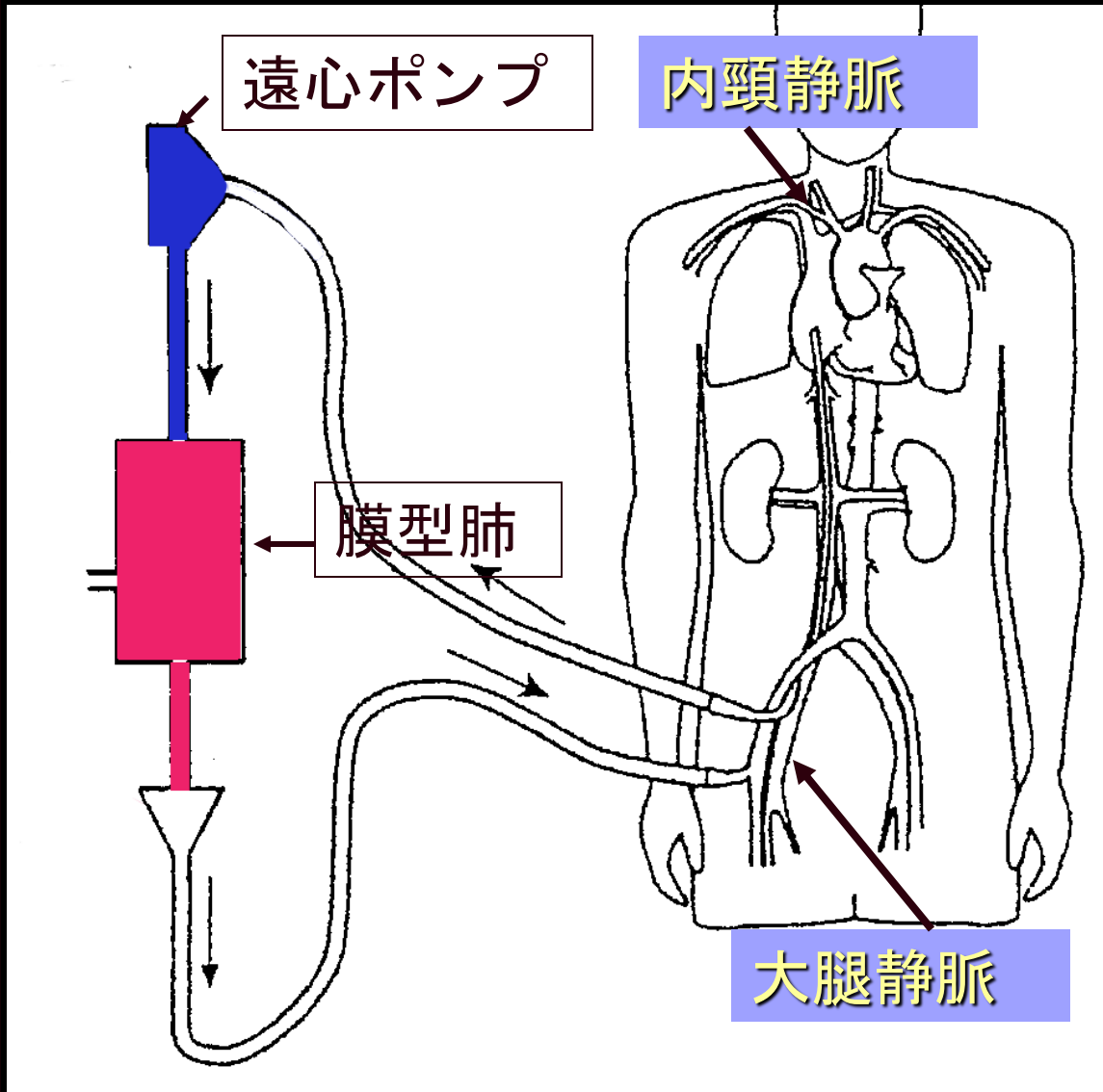
- ◆ 冠動脈や脳の酸素化は左手採血 (SPO2)で評価すべき。
- ◆ 自己肺の酸素化が悪ければ (評価は難しいが)、心、脳にも悪影響。
- ◆ 心機能が改善すると自己心拍増大とともに上半身の低酸素を生じる可能性を念頭に。
- ◆ 従って、V-Aサポートで (自己心拍動あり) は、呼吸器設定は正常に。

# PCPS (V-V)



- ◆ 大腿—右房に脱血管 (Vein)
- ◆ 内頸静脈—右房に送血管 (Vein)
- ◆ 遠心ポンプと膜型肺

# PCPS (V-V)時の酸素化



- ◆ ポンプで酸素化された血液は右房内に
- ◆ そのまま肺を通過して、左室から全身へ
- ◆ 混合静脈血がそのまま $PO_2$ となる

## PCPS (V-V) 時の注意点

- ◆ 循環不全がないことが必須
- ◆  $SVO_2$  85-90 %が当面の目標
- ◆ ミキシング不良であれば、脱血管の位置、挿入部位を変更
- ◆ 流量は通常2.0-3.0 L/minで十分
- ◆ 自己肺はなるべく休ませる（呼吸器設定は軽いPEEP程度）



## PCPSの適応

- ◆ 心原性ショック、重症心不全（心肺補助）
  - 動脈圧90mmHg以下、肺動脈楔入圧18mmHg以上、心係数 $2.2\text{l/min/m}^2$ 以下、尿量低下( $0.5\text{ml/kg/hr}$ )のうち2項目以上
- ◆ 肺塞栓、ARDS（肺補助）
  - $\text{PAO}_2 / \text{FiO}_2 < 80 \text{ mmHg}$
  - $\text{PCO}_2 > 60\text{mmHg}$  at maximal ventilator setting

# 当院のシステム

## ◇PCPS装置:

テルモ社製

EBS遠心ポンプSP-101

## ◇心肺回路

《緊急用》

EBS心肺キット(熱交換器なし)

《長期用》

人工肺: Platinum Cube NCVC

(静脈血酸素飽和度モニター付き)

## ◇モニター

脳内酸素飽和度モニター

両手指にSpO<sub>2</sub>モニター

INVOS、CCOモニター

人工呼吸器

両手指にSpO<sub>2</sub>モニター

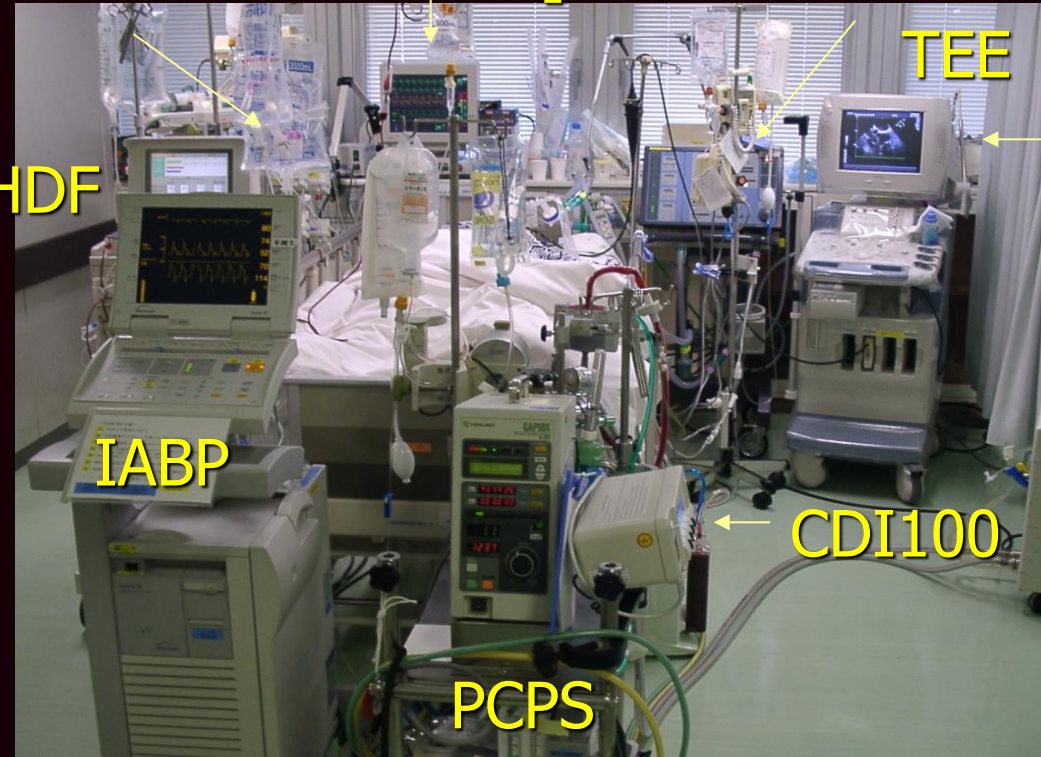
CHDF

TEE

IABP

← CDI100

PCPS



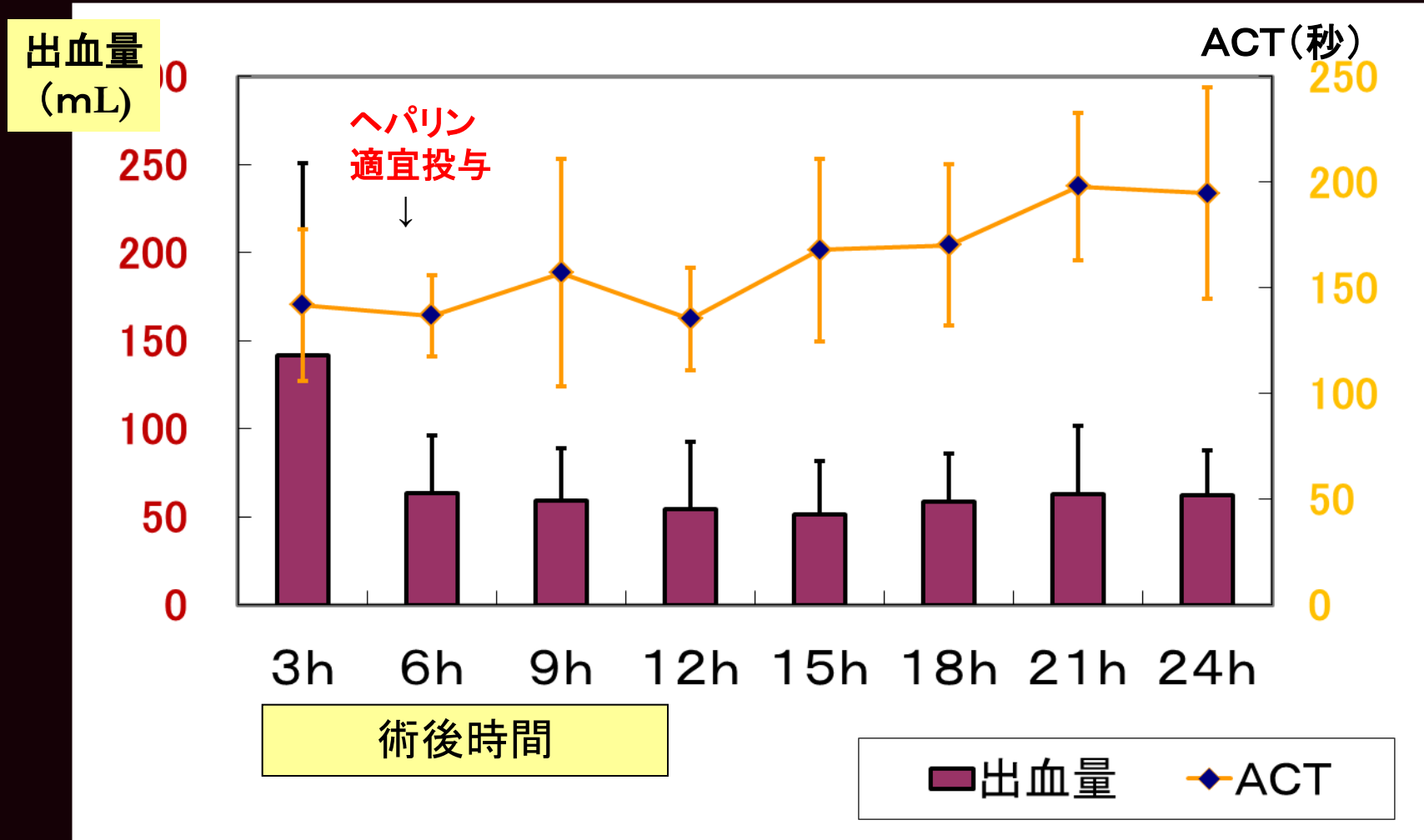
# 当院でのPCPS症例の方針

- ❁ ヘパリンコーティング回路使用
- ❁ 人工心肺離脱時にはプロタミンを使用して、いったん止血。
- ❁ V-A時の目標流量はトータルの70%を目安。
  - それ以上必要なら、VADの適応

# PCPS中の抗凝固管理

- ◆ 術後ドレーン出血量が1ml/kg/hr以下となるまでヘパリン投与せず
- ◆ その後フサン 15~30mg/h でACT 150-180 秒
- ◆ 安定したら未分化ヘパリン400-700 IU/hでACT 180-200秒
- ◆ 長期の管理には低分子ヘパリン（フラグミン、Xa活性阻害）75 IU/Kg を24時間で、ACTは指標とならず

# 出血量とACTの推移



# PCPS使用後の血栓確認

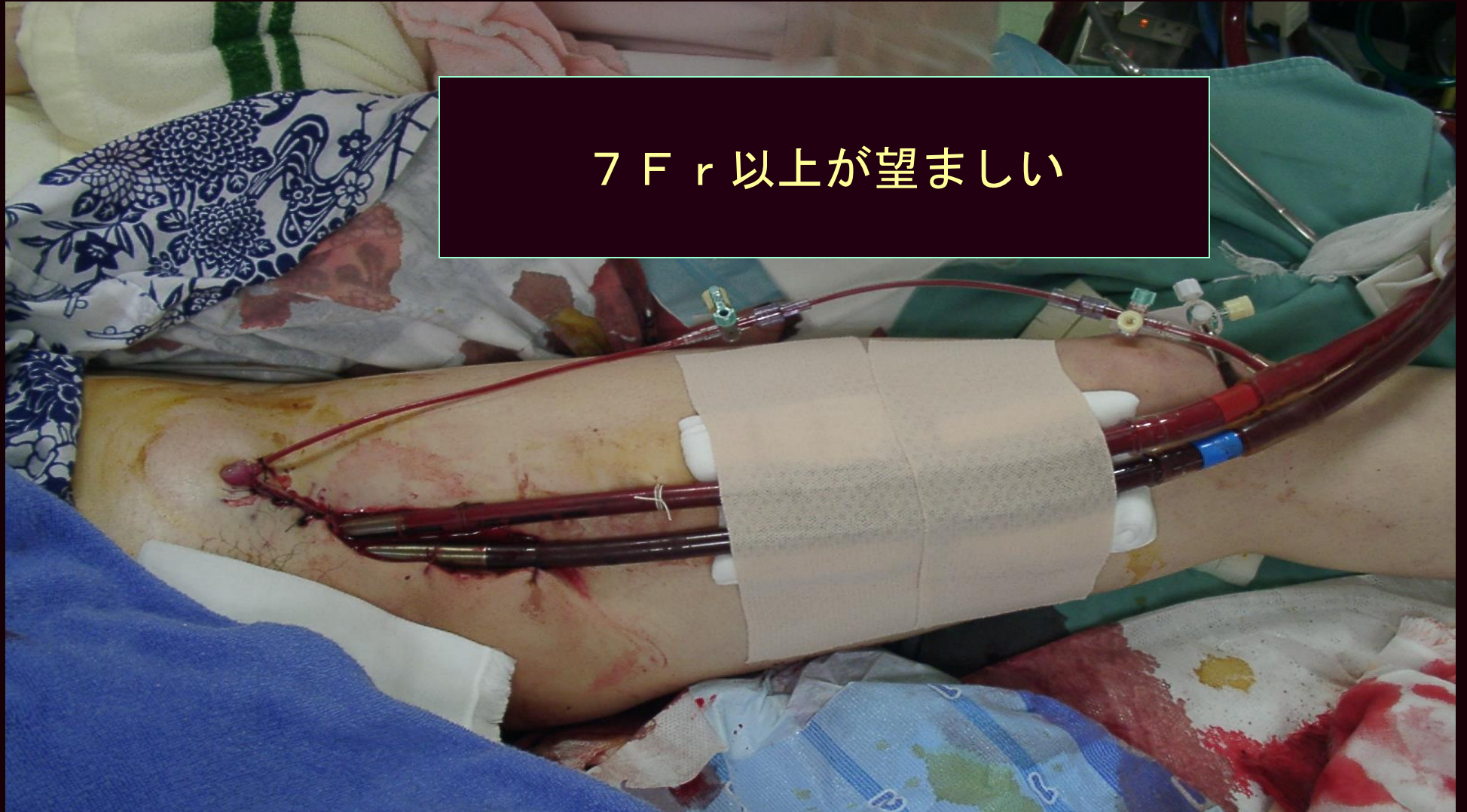


PCPS使用後の人工肺および遠心ポンプの血栓の確認すると大きな血栓は認められなかった。



# 下肢血流の確保

7Fr以上が望ましい





## 過去7年間の当院のPCPS経験

◆ 計 48 例

◆ 年齢 27-87歳 (67±17歳)

◆ 適用理由

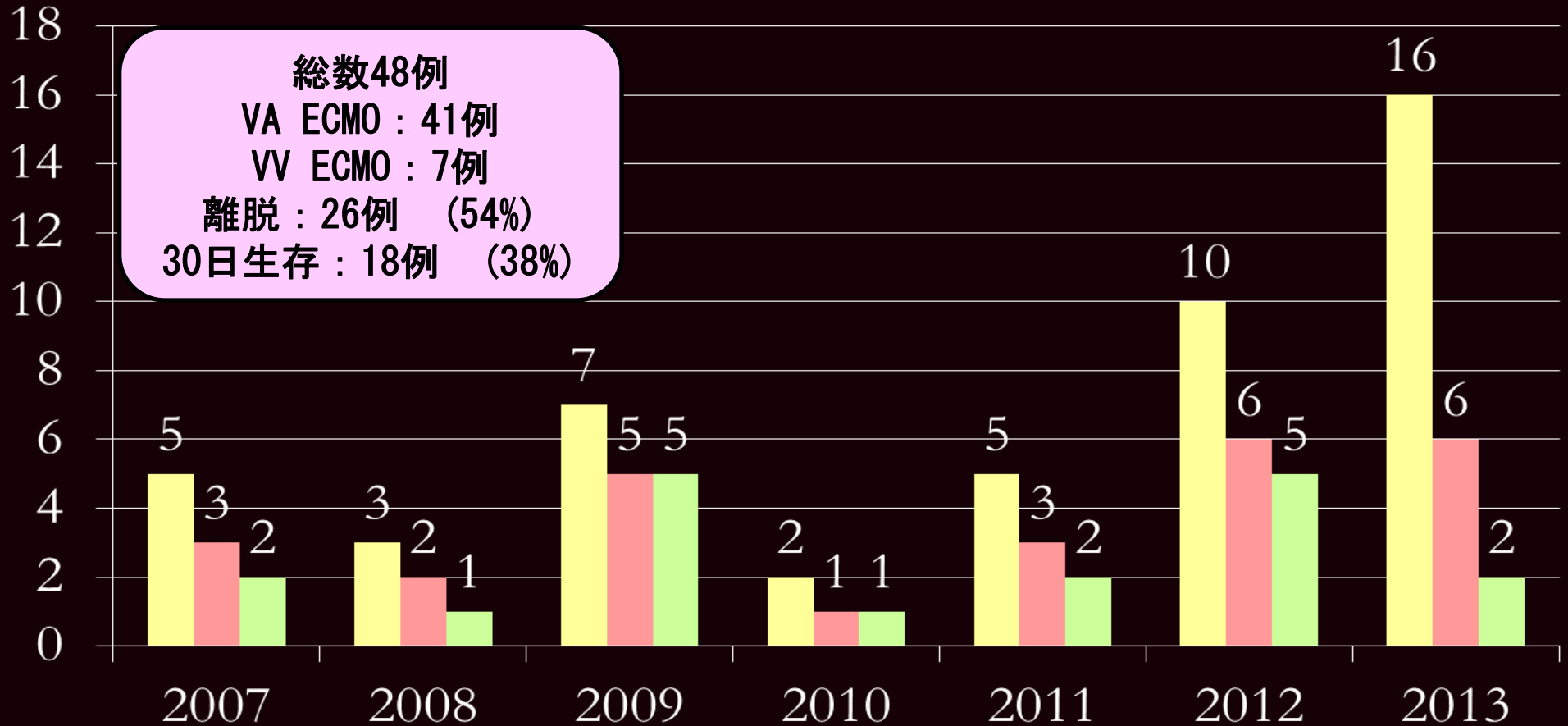
- 開心術後 ; 13, 急性心肺不全 : 24、急性呼吸不全 ; 11

◆ 担当科

- 心臓血管外科 : 26、循環器内科 : 16, 救急科 : 5, 脳神経外科 : 1

# 過去7年間のECMO症例 (V-A, V-V 含む)

件数



総数48例  
VA ECMO : 41例  
VV ECMO : 7例  
離脱 : 26例 (54%)  
30日生存 : 18例 (38%)

■ ECMO症例数

■ ECMO離脱数

■ 30日生存数

# PCPSデータ (48例)

## ◆ PCPS施行時間

– 1. 5時間 – 440時間 (18日)

## ◆ IABP併施

– 24例

## ◆ CHDF併施

– 19例

# PCPS全体の成績

- ◆ 離脱
  - 25例（52%）
- ◆ 30日生存
  - 17例（35%）
- ◆ 退院
  - 13例（27%）
- ◆ 大合併症
  - 下肢切断（1例）、下肢虚血（1例）、
  - 新規脳梗塞なし

# PCPS挿入、準備のポイント

- ◆ どちらの大腿を使用するか決定
  - どちらでも良いときは原則右（左腸骨静脈は腹部大動脈と交差し、しばしば狭窄があるため）
- ◆ カニューレサイズ決定
  - 動脈15-19Fr, 静脈16-21Fr
- ◆ 挿入準備と同時にポンププライミング
  - 流量計、静脈側連続酸素飽和度モニター
- ◆ カニューレ挿入できたらすぐにヘパリン
  - 1mg/kg one shot

## 流量管理、注意点

- ◆ 流量不良の場合考慮すべきこと
  - むやみに回転数を上げない（圧流量曲線により、必要な回転数はだいたい決まっている）
  - 回路のキンク、脱血管位置の確認
  - 体内循環血液量の補充（CVP参考）
- ◆ 全流量の70-80%程度をmaxとする
  - それ以上の流量では心臓後負荷を増大させてしまう
  - SVO<sub>2</sub> 70%維持を目標とする。

## PCPS管理のコツ

- ◆ 下肢虚血に注意
  - カニューレ挿入より末梢動脈への血流確保
- ◆ 自己圧との競合の時に考慮すべきこと
  - 自己心回復のgood news
  - 自己肺機能を評価（自己圧は自己心、肺から来る）
  - しばしば呼吸器の再設定が必要
  - 橈骨動脈レベルとポンプ出口の両方のガス評価
- ◆ 人工肺リークに備え、常に予備を準備



# V-V ECMOの成績

## 【V-V ECMO症例の患者背景】

No.	年齢	性別	BSA (m <sup>2</sup> )	原因疾患	依頼科
①	84	F	1.36	AS術後呼吸不全	心外
②	40	F	1.49	食道癌による 気管支閉塞	消化器内科
③	56	M	1.93	肺梗塞 (PE)	循環器内科
④	61	F	1.55	ANCA関連血炎 によるARDS	呼吸器内科
⑤	82	M	1.78	肺梗塞 (PE)	循環器内科
⑥	75	M	1.83	TAA術後呼吸不全	心外
⑦	83	M	1.61	間質性肺炎	呼吸器内科

## 【ECMO状況（まとめ）】

### ◆ 適応：

- PTE：2例、術後呼吸不全2例、その他3例

### ◆ ECMO mean flow：

- 2.78 L/min（1.5-4.6）

### ◆ ECMO mean time：

- 165 hr (48 h 36 min -440 h 21 min)

### ◆ 送血管：

- FV：2 内頸V：5

（V-A ECMOからの移行：3例）

### ◆ 脱血管：

- FV: 7

### ◆ 回路交換：4回/1, 3回/1, 2回/1, なし/4

## 【合併症・転帰】

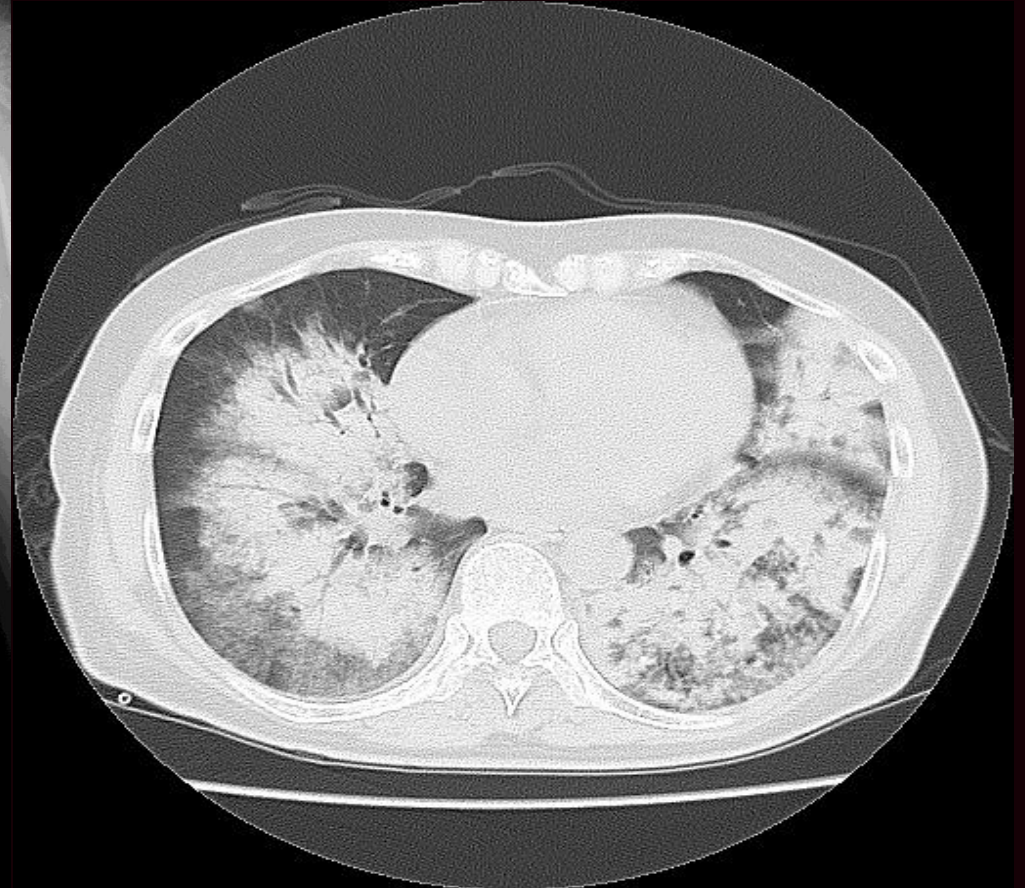
No.	離脱	30日生存	社会復帰	CHDF併用
①	○	○	生存	×
②	○	×	死亡 (食道癌)	×
③	○	○	生存	○
④	○	○	生存	×
⑤	○	×	死亡 (肺炎)	○
⑥	×	×	死亡 (高K血症)	○ (HD Pt.)
⑦	×	×	死亡 (消化管出血)	×
率	71%	43%		43% ※ネーザル ハイフロー使用



## 症例④入院経過

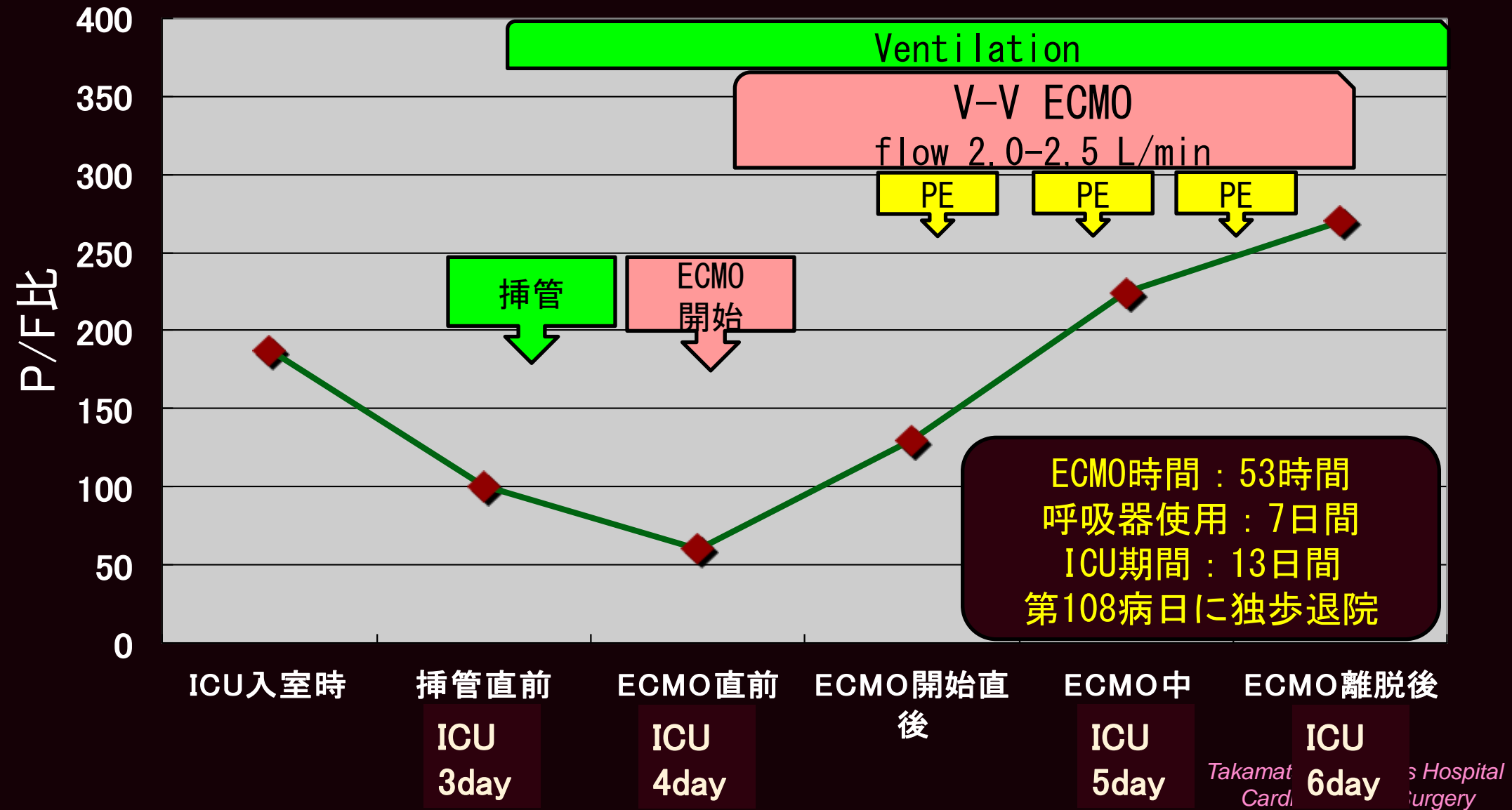
- ◆ 61歳女性.
- ◆ ANCA関連血管炎に伴う肺胞出血と診断,呼吸器科にてステロイド等の薬剤治療を開始したが、酸素化の悪化は進行し、入院7日目に挿管した。酸素化の改善はなく、P/F比が60と著明な低酸素血症となりECMOおよび血漿交換の施行を決定した。

# ICU入室時 胸部レントゲン・CT画像



P/F: 60

# 症例④経過および酸素化の推移



## 症例⑦

- ◆ 83歳、男性
  - ◆ 既往歴：2007年 ASにてAVR施行  
左肺結核にてCOPD HOT導入
  - ◆ 現病歴：2013年4月 細菌性肺炎にて入院  
呼吸状態悪化にて人工呼吸器装着  
間質性肺炎へと進展  
急性呼吸不全にてECMO装着
- ※今回、V-V ECMO下にネーザルハイフロー（NHF）を使用



# 外来診察時/ICU入室時 胸部レントゲン所見



外来診察時

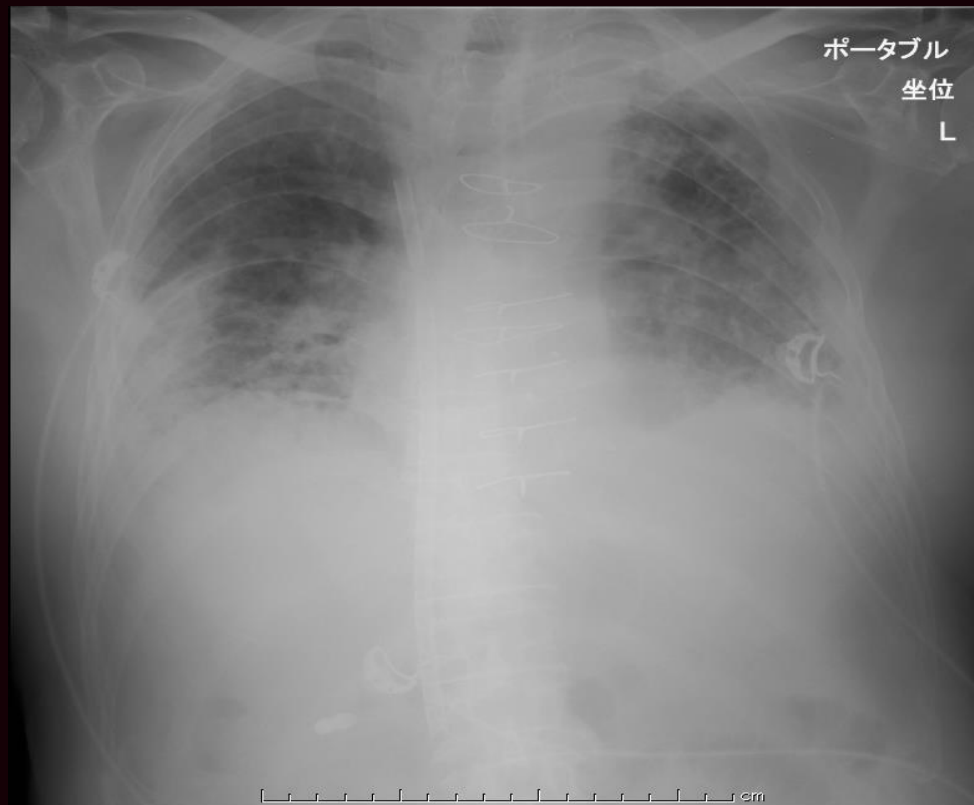


ICU入室時

# ECMO+NHFの風景



# ECMO+NHF下の呼吸リハ風景



呼吸リハ7日目

## 経過のまとめ

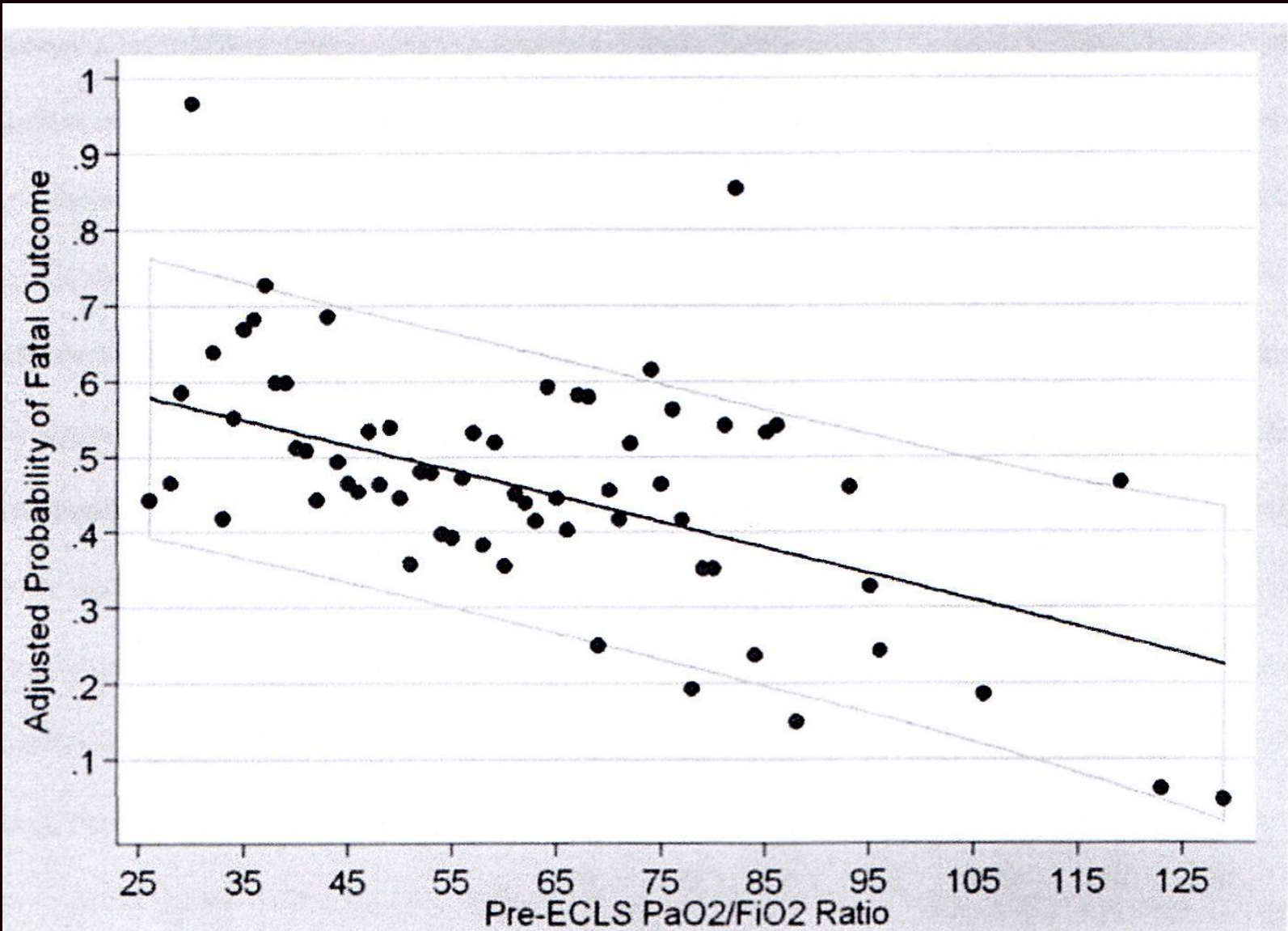
➤ ECMOは離脱可能となるまで改善傾向であったが、消化管出血が増悪し、ICU20日後に死亡退院となった。

- ECMO施行時間：440時間（18日8時間）
- NHF施行日数：12日間
- 呼吸リハ：15分/日×8日間
- ICU滞在日数：20日間



# V-V ECMO 開始前肺機能と死亡率の関係

(Ann Surg 2004; 240:595-607)



# APACHE II

(Acute

Evaluation)

ICU

る指標

Home Abbrev Calculators Dilutions Drugs Health I.Dx. Medical NEWS

### APACHE II Calculator

Age:  Hematocrit:

WBC:  Rectal Temp:  [F-->C](#)

MAP  [MAP= \[\(2 x diastolic\)+systolic\] / 3](#)

Heart Rate:  Respiratory Rate:

Serum Sodium(meq/L)  Serum K+(meq/L)

[\(Oxygenation\)](#)

Arterial pH:

Serum Creatinine (mg/dl):

History of severe organ insufficiency (heart, liver, kidney, other) or immunocompromised?

**Glasgow Coma Scoring:**  
 Eye Opening:  Verbal:   
 Motor:

## SOFA分類

## (Sequential Organ Failure Assessment score, ICUでの重症評価分類)

	0	1	2	3	4
呼吸機能 PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> [mmHg]	x > 400	400 ≥ x > 300	300 ≥ x > 200	200 ≥ x > 100 呼吸補助下	100 ≥ x 呼吸補助下
凝固機能 血小板数 [×10 <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> ]	x > 150	150 ≥ x > 100	100 ≥ x > 50	50 ≥ x > 20	20 ≥ x
肝機能 ビリルビン値 [mg/dL]	< 1.2	1.2 ~ 1.9	2.0 ~ 5.9	6.0 ~ 11.9	> 12.0
循環機能 血圧低下	なし	平均動脈圧 < 70 mmHg	ドパミン ≤ 5γ あるいはドブタミン投与 (投与量を問わない)	ドパミン > 5γ あるいはエピネフリン ≤ 0.1γ あるいはノルエピネフリン ≤ 0.1γ	ドパミン > 15γ あるいはエピネフリン > 0.1γ あるいはノルエピネフリン > 0.1γ
中枢神経機能 Glasgow Coma Scale	15	14 ~ 13	12 ~ 10	9 ~ 6	6未満
腎機能 クレアチニン値 [mg/dL]	1.2未満	1.2 ~ 1.9	2.0 ~ 3.4	3.5 ~ 4.9 あるいは尿量が500mL/日未満	> 5.0 あるいは尿量が200mL/日未満

Score 11以上:Mortality&gt;90%, 8-11: 60%

ECMOが限界の時  
長期心補助の方法が必要



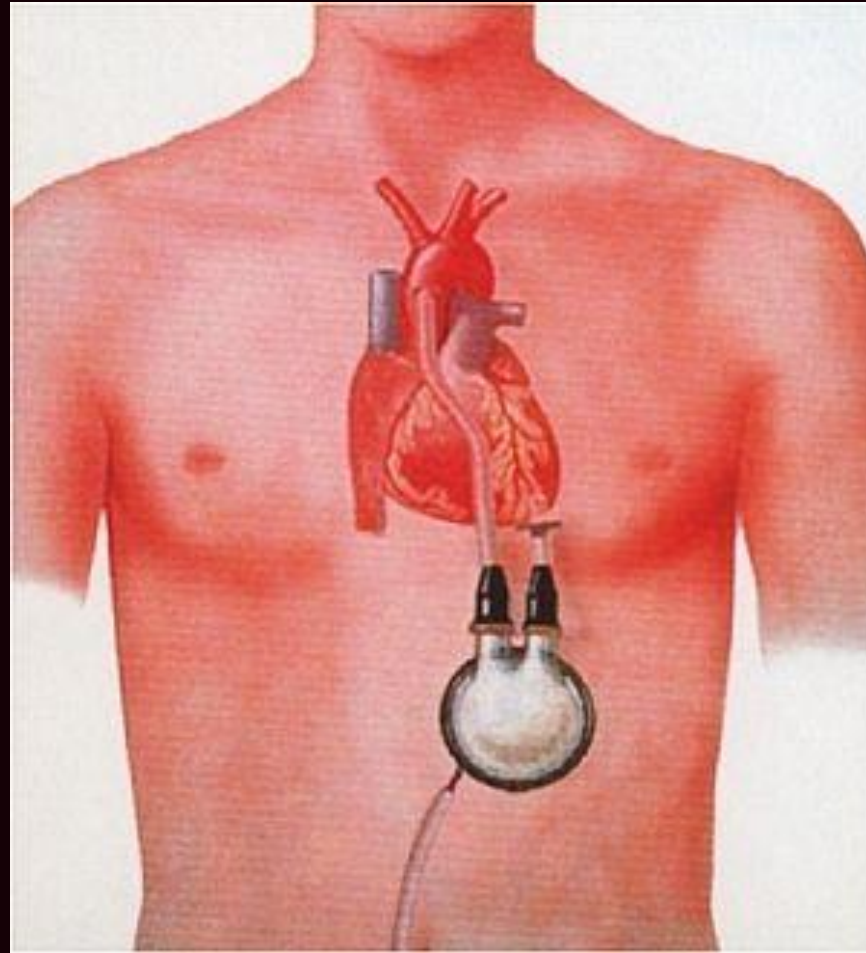
# 補助循環の種類と役割

適用理由	補助循環の種類	補助期間
1. 急性心不全の循環補助	IABP, PCPS	1-2W
2. 心臓外科術後心不全	PCPS, LVAD	1-2W
3. 移植までのつなぎ	LVAD, BVAD, TAH	1-12M
4. 心機能回復までのつなぎ	LVAD	3-12M
5. 心移植代替治療	LVAD, BVAD, TAH	2-5 Y

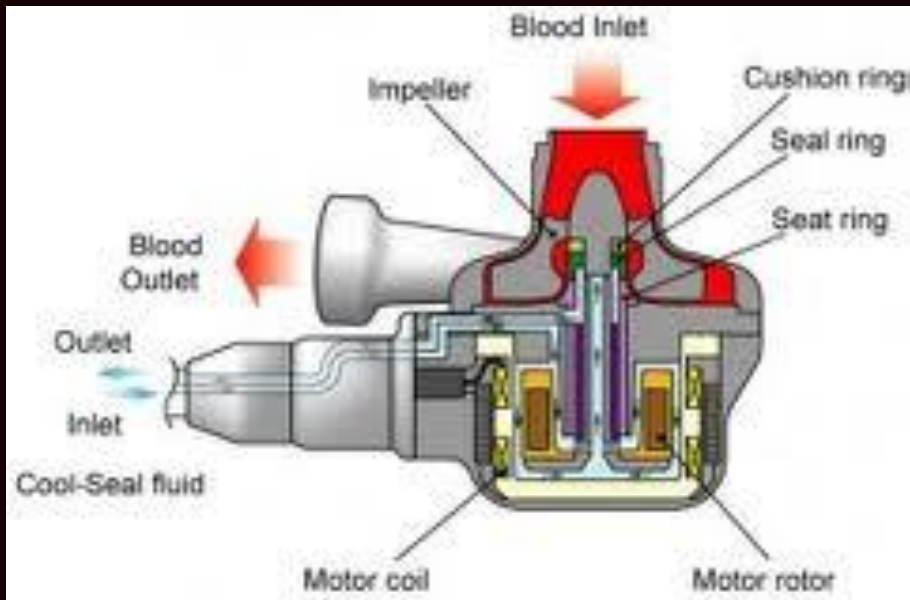
# TOYOBO VAD (ニプロ社)



## ECMOの使い方

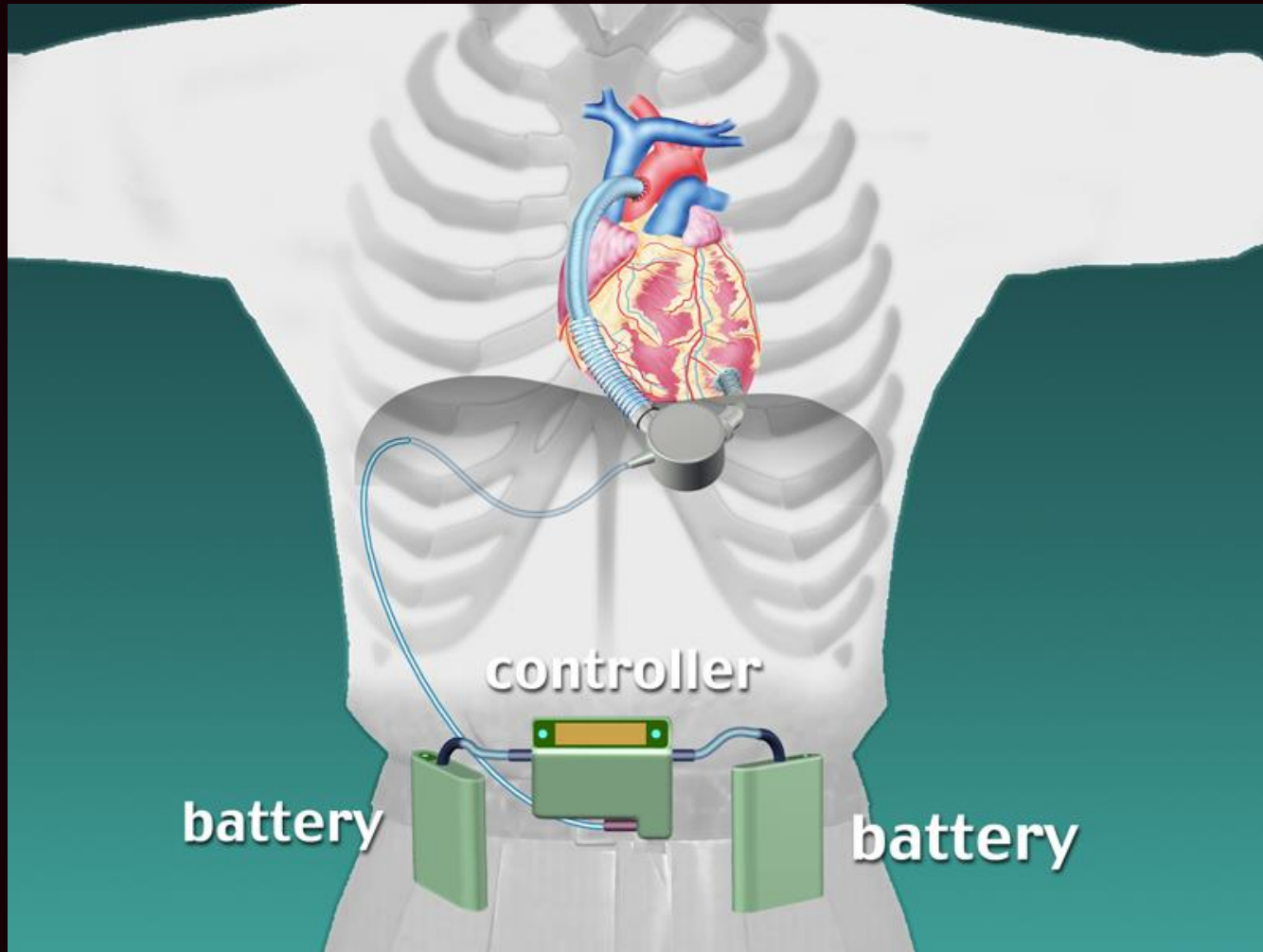


# EvaHeart(遠心ポンプ)



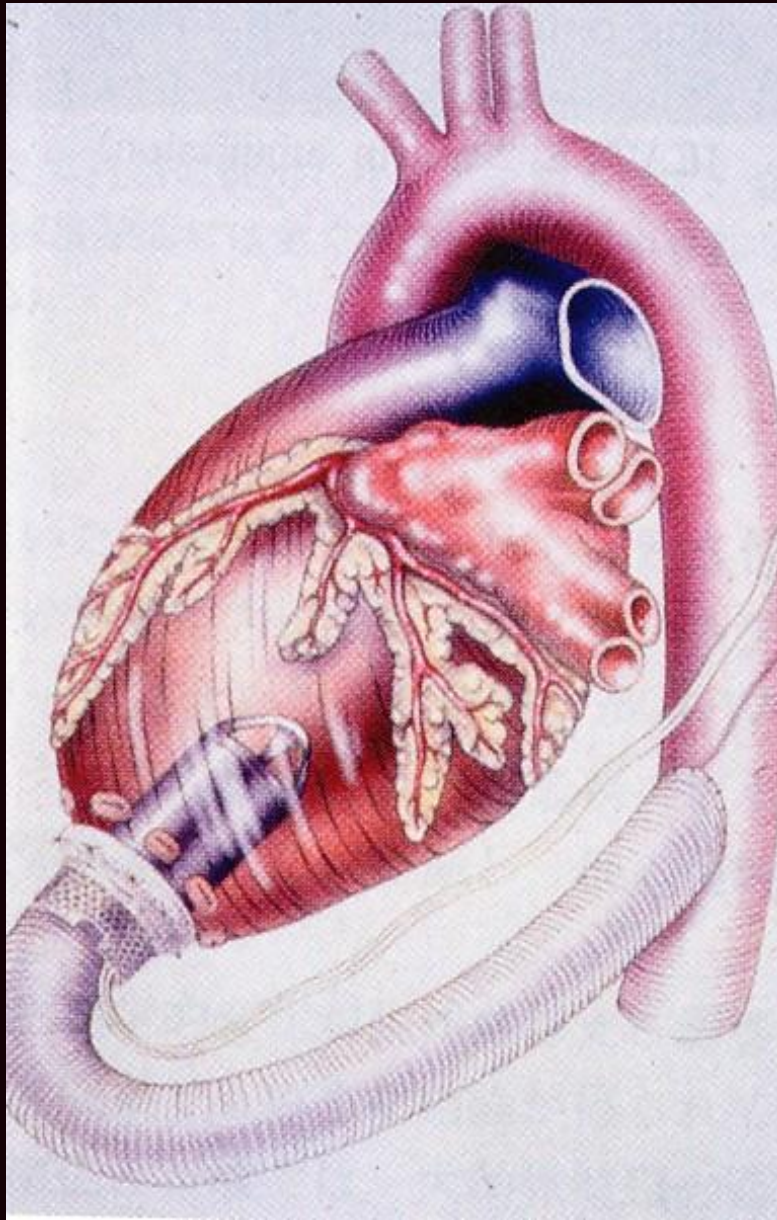


# DuraHeart™埋込み図





## Jervik 2000 (軸流ポンプ)



- ◆ 非常に小型
- ◆ そこそこの耐久性  
(半年ー1年)

# INTERMACS Profile

(International Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support)

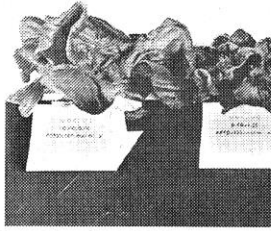
- ◆ 補助循環の適応決定と時間的緊急度を考慮
- ◆ 従来 of NYHA 分類では対処できない
- ◆ 一般的な心不全分類 NYHA I II III IV (V)
  - IV度はベッド上安静、起坐呼吸



# INTERMACS Profiles

Level	INTERMACS	J-MACS	Decision
1	Critical cardiogenic shock	重度の心原性ショック	Hours
2	Progressive decline	進行性衰弱	Days
3	Stable but intropo dependent	安定した強心薬依存	Weeks
4	Resting symptoms	安静時症状	Months
5	Exertion intolerant	運動不耐容	
6	Exertion limied	運動制限	
7	Advanced NYHA III	安定状態	

### 光の波長を変えてみたら… 新型蛍光灯で葉の面積



並んでいるのは、同じ種類のチンゲン菜。それにしては、ずいぶん葉の面積が違後。葉の面積で最大・二つ。実は、右端が普通の蛍光灯の光で育てたもの。左の三つは、波長が七〇〇ナメートル（ナメートルは十億分の一メートル）の暗い赤色を多く出す新型の蛍光灯を使った。同じワット数でも、暗い赤の割合が大きい光ほど、葉が大きくなる。蛍光灯は、大阪府立大農学部 相賀 一郎教授と松下

#### 赤い成分が 生長を促進

相賀教授は

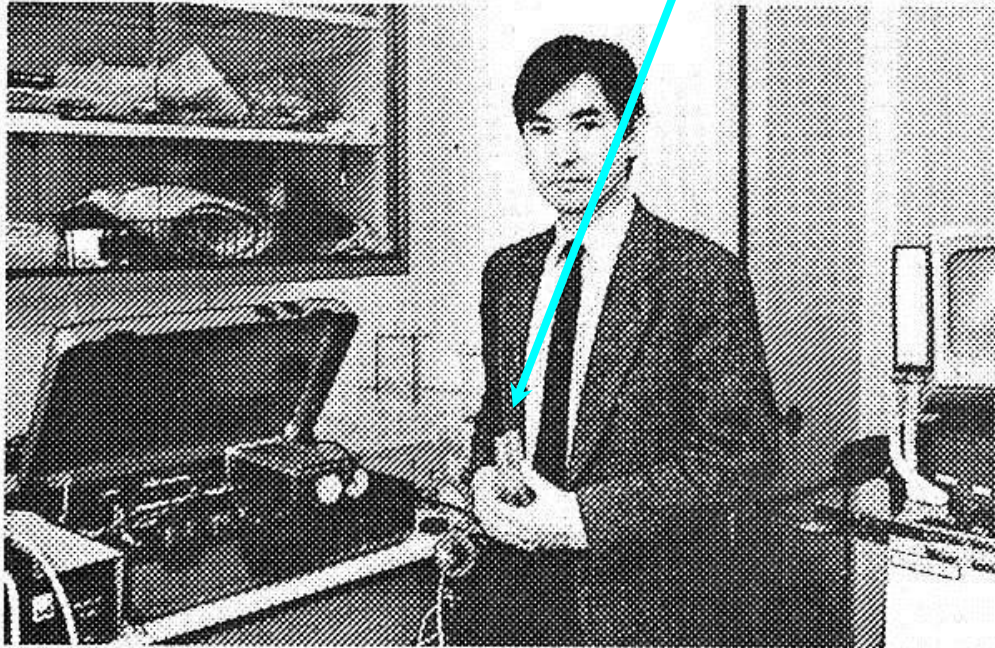
「光の性質を調節すれば、植物の育ち方をさまざまに変えられる。将来は、野菜を増産したり、薬用成分を大量に作らせたりする

ことも可能になるでしょう。」

## 心臓外科

にしむら 西村

かずのぶ 和修さん (39)



# 英で移植観が変わる

**海外での心臓移植** 88年以來、ヘアフィールド病院で移植した日本人患者7人のうち男性は職場に復帰。主婦2人も良好。4人の子どもはいずれもスポーツを楽しんでいる。他に米国でも3人が移植を受けた。

### この人 この夢

心臓移植で有名なロンドン郊外のヘアフィールド病院で、心臓外科医として移植手術の助手を経験するなどしながら、人工心臓の研究をしている。心臓移植を希望して渡英する日本人の世話もしてきた。

「心臓提供も最近は何国優先がはびかりて、日本人はますます困難になってきています。八月九日、この病院で長崎県出身の男性が死亡した。心臓移植を期待してその半月前に渡英したが、旅の疲れもあって心臓と肝臓が急速に悪化した。六月には、約四カ月待機した橋川一也さんと、日本での待機に切り替え帰国した。

一九九〇年一月、京都市の武田病院から渡英し

### 心臓外科 西村 和修さん (39)



**海外での心臓移植** 88年以來、ヘアフィールド病院で移植した日本人患者7人のうち男性は職場に復帰。主婦2人も良好。4人の子どもはいずれもスポーツを楽しんでいる。他に米国でも3人が移植を受けた。

### 英で移植観が変わる

当初移植には懐疑的だった。植を目的にばかりに見て驚いた。ドナー不足がきまるとい、手術「とにかく生活の質が劇的に後の生活にも困難が多いと思、改善される。移植後三、五日でいたからだが、年開百、元氣になり、普通の生活に戻れた。七十一、二件という心臓・肺移植、手術前には血圧もきわめて

低く、死の直前の状態だったあの日本人患者が、今はピンピンしている。あんな重症患者が元氣になり得るというのは、私の常識を超えていた」

「それまで人工心臓に多くを期待していたが、人工心臓は将来も移植を超えない」と考えが変わったという。

「英国では、移植は日常医療だが、ドナー不足は深刻だ。だから移植そのものよりも、受けられずに死ぬ患者が多数存在するこの方が、大きな問題として受け止められている」

「日本のキヤップは大きい。ただ、英国でも国民の多くが移植を支持するまでには十年の曲折があった。今月末に帰国の予定。半永久的に使える人工心臓はドナー不足の解決法の一つとして原稿がある。研究を続ける一方、移植の体制作りにも参加したい」と話す。

(ロンドン) 竹内 敏二



## まとめ

### ◆出血と、血栓の両方の管理

- 出血があるとvolume管理が難しく、成績は悪い
- 血栓は致命的、回路、心臓内の両方の可能性

### ◆感染対策

- カニューレ周囲の清潔、止血
- こまめな細菌、喀痰培養

### ◆自己肺機能評価と温存

- V-Vサポートでは最低呼吸器設定
- V-Aでは自己心拍出のタイミングで肺機能低下に気をつける