



*Heart Failure Essentials for Cardiology Fellows 2016*

*July 30, 2016*

*Eastin Grand Sathorn Hotel, Bangkok*

# **Basic ECMO for Cardiologists**

**Teerapat Yingchoncharoen MD, FASE**

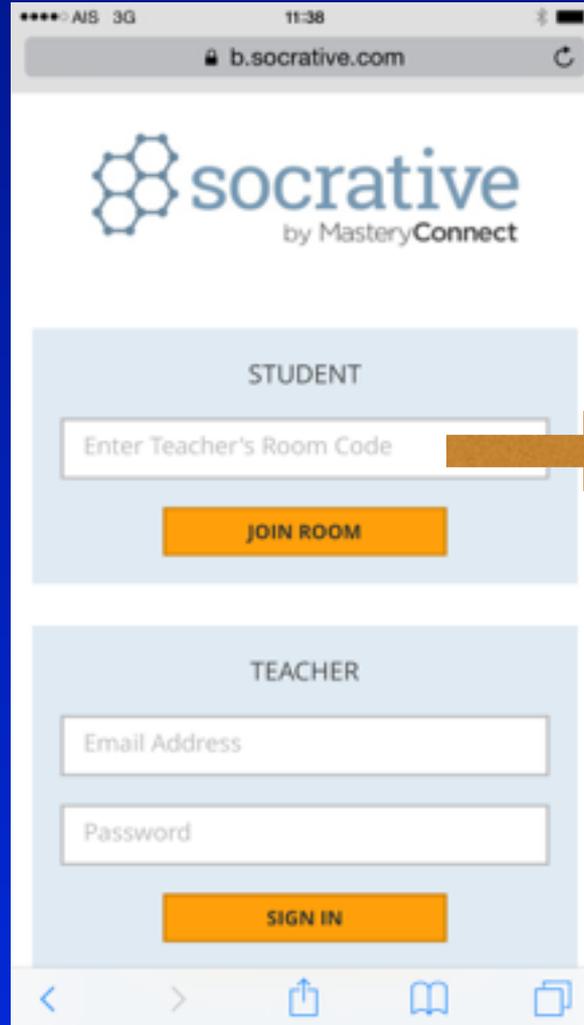
**Ramathibodi hospital**

# Slides



# Powervote Setting

b.socrative.com



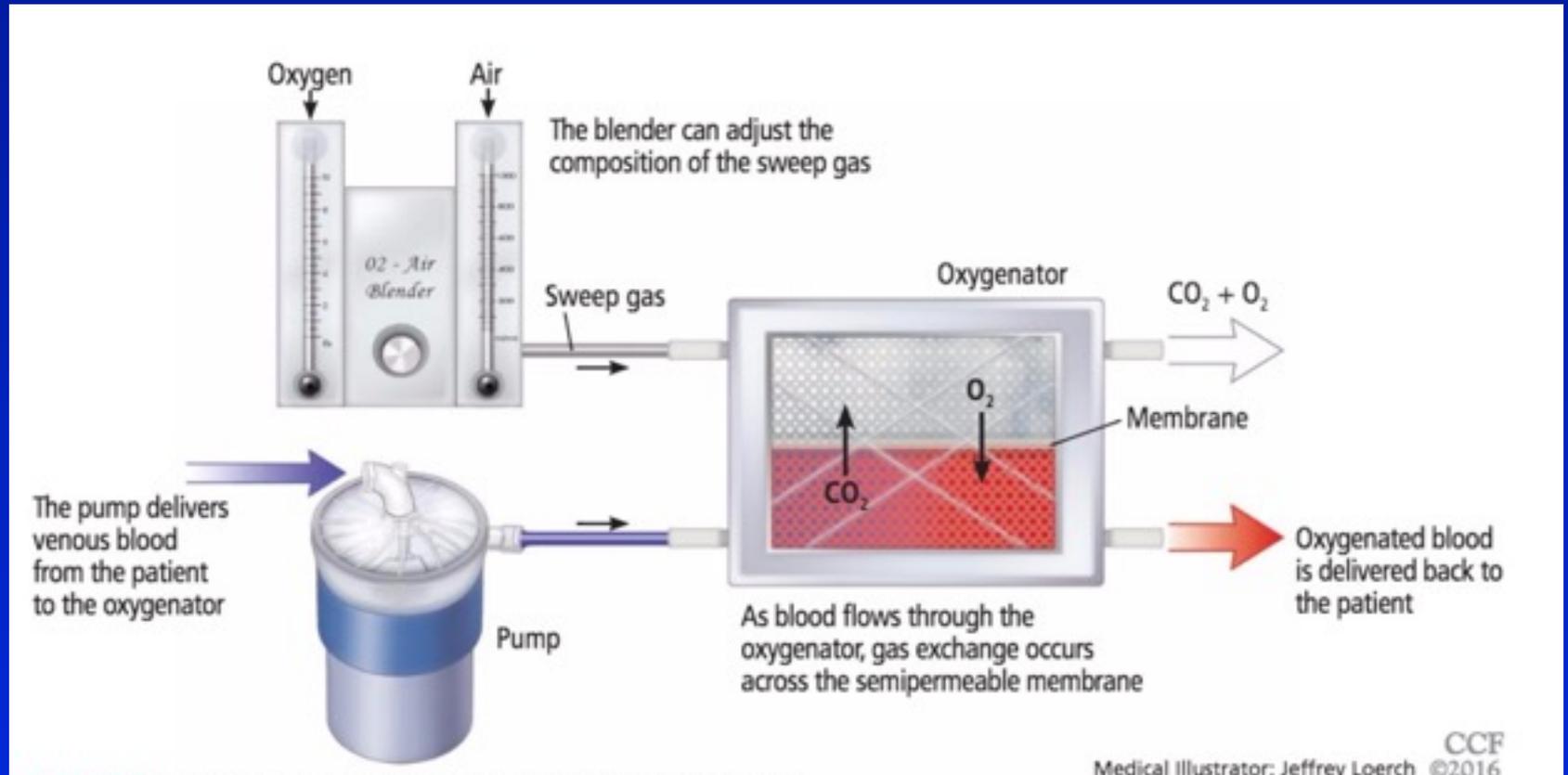
TEERAPAT

กรอกชื่อ



# Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO)

- Uses a centrifugal pump to drive blood from the patient to a membrane oxygenator system for carbon dioxide and oxygen exchange (same principle as CPB)

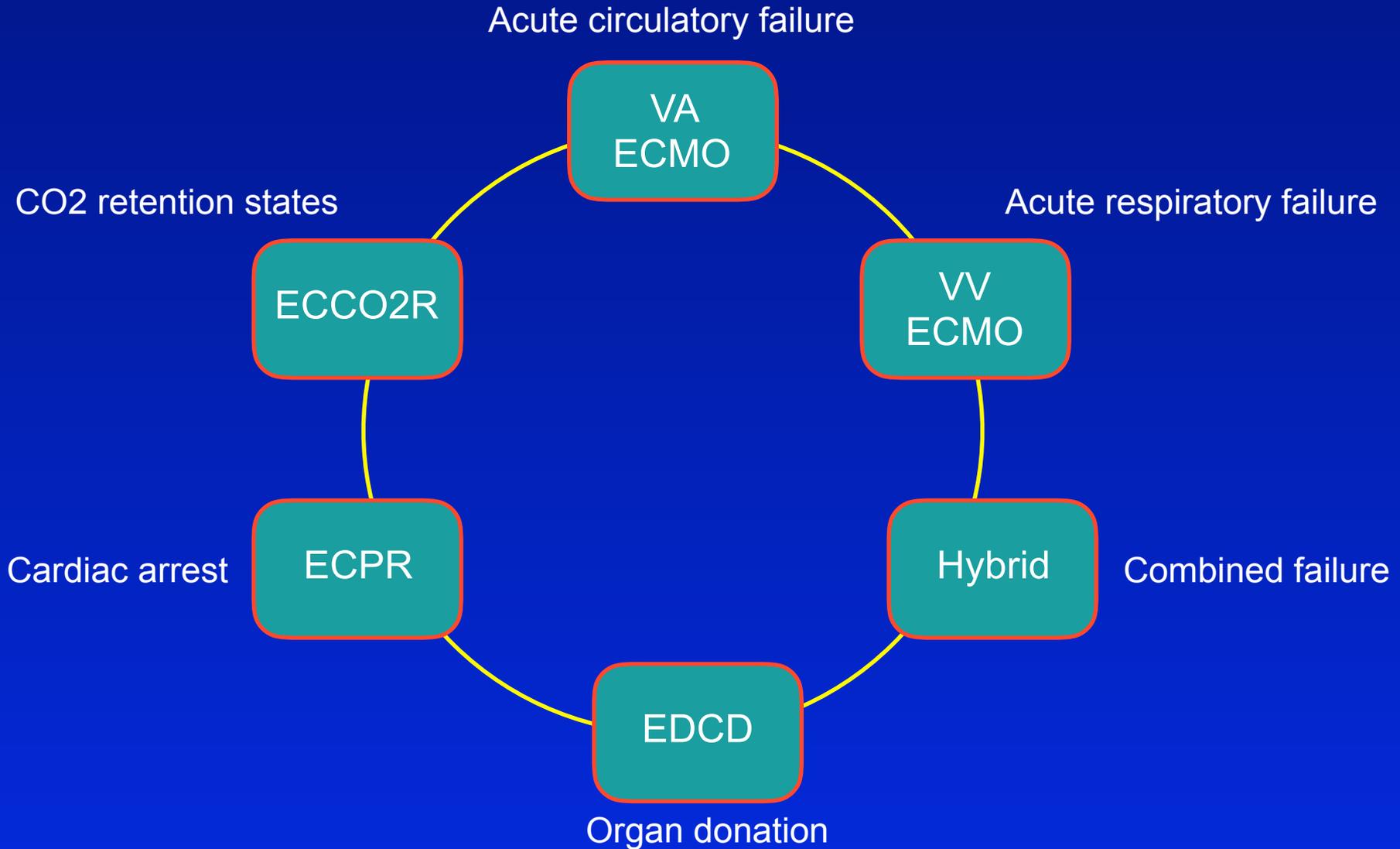


# ECMO Vs CPB

Feature	CPB	ECMO
Duration	Hours	Days to months
Configuration	Venoarterial (VA) bypass	Venoarterial and venovenous
Membrane	Microporous polypropylene	Nanoporous polymethylpentene
Blood pump	Roller	Centrifugal
Circuit volume	Large	Small
Anticoagulation	High (ACT > 400s)	Low (ACT 160-180)
Reservoir	Large, air interface	Small or absent, no air interface
Cannulation	Central, RA to aorta	Peripheral
Patient	Anesthetized, paralyzed	Awake or sedated
Management	Perfusionist	Nurse or RT



# Extracorporeal life support (ECLS)



# Indications for ECMO

Cardiac	Respiratory
MI-associated cardiogenic shock	ARDS
Severe heart failure <ul style="list-style-type: none"><li>• severe exacerbations of chronic systolic HF</li><li>• fulminant myocarditis</li><li>• stress cardiomyopathy</li><li>• septic cardiomyopathy</li></ul>	Hypercapnic respiratory failure
Refractory arrhythmias	Bridge to lung transplantation
Bridge to VAD implantation or heart transplantation	Primary graft dysfunction after lung transplantation
Extracorporeal CPR	
Severe pulmonary hypertension	

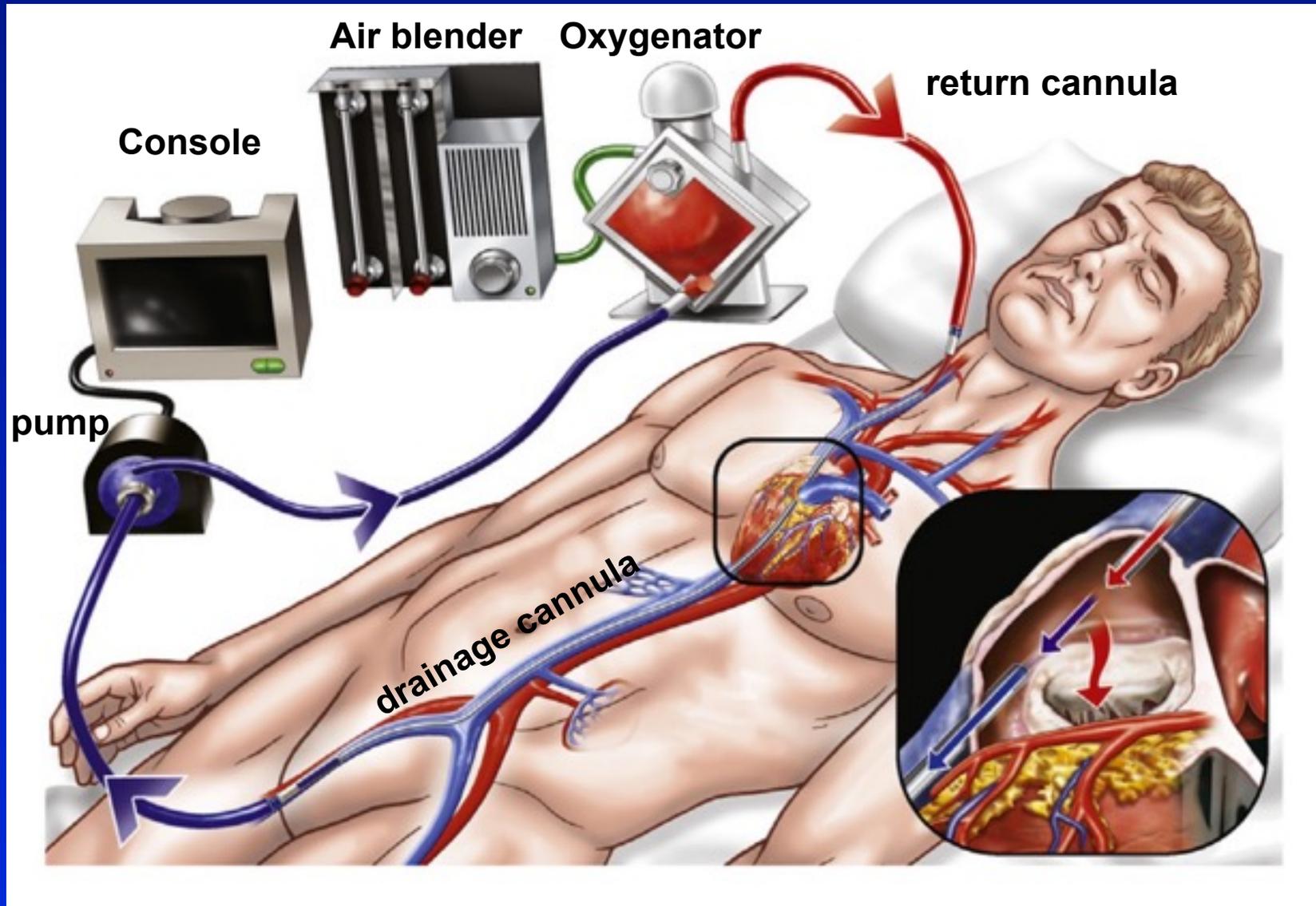


# Contraindications for VA-ECMO

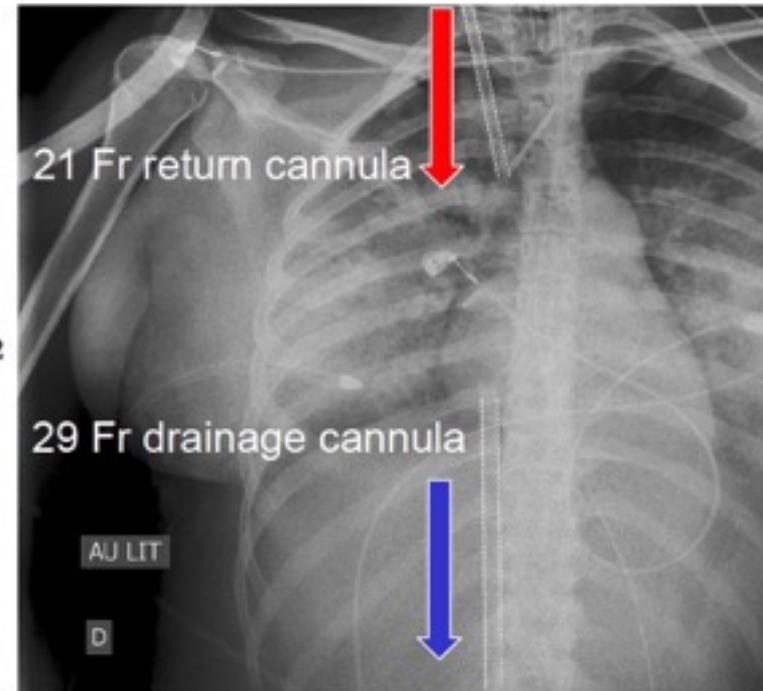
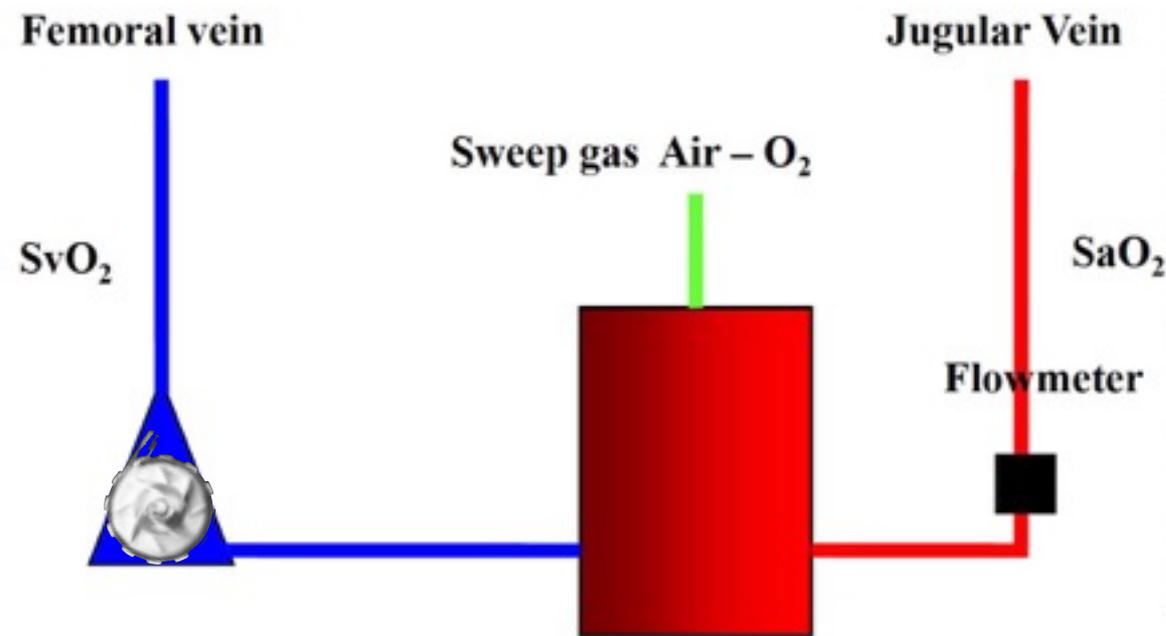
1. Aortic disease (aortic dissection, unrepaired coarctation of aorta)
2. Severe aortic regurgitation
3. Unrecoverable heart and not a candidate for VAD implantation or heart transplantation
4. Irreversible or end-stage underlying disease
5. Contraindication for anticoagulation
6. Severe peripheral artery disease



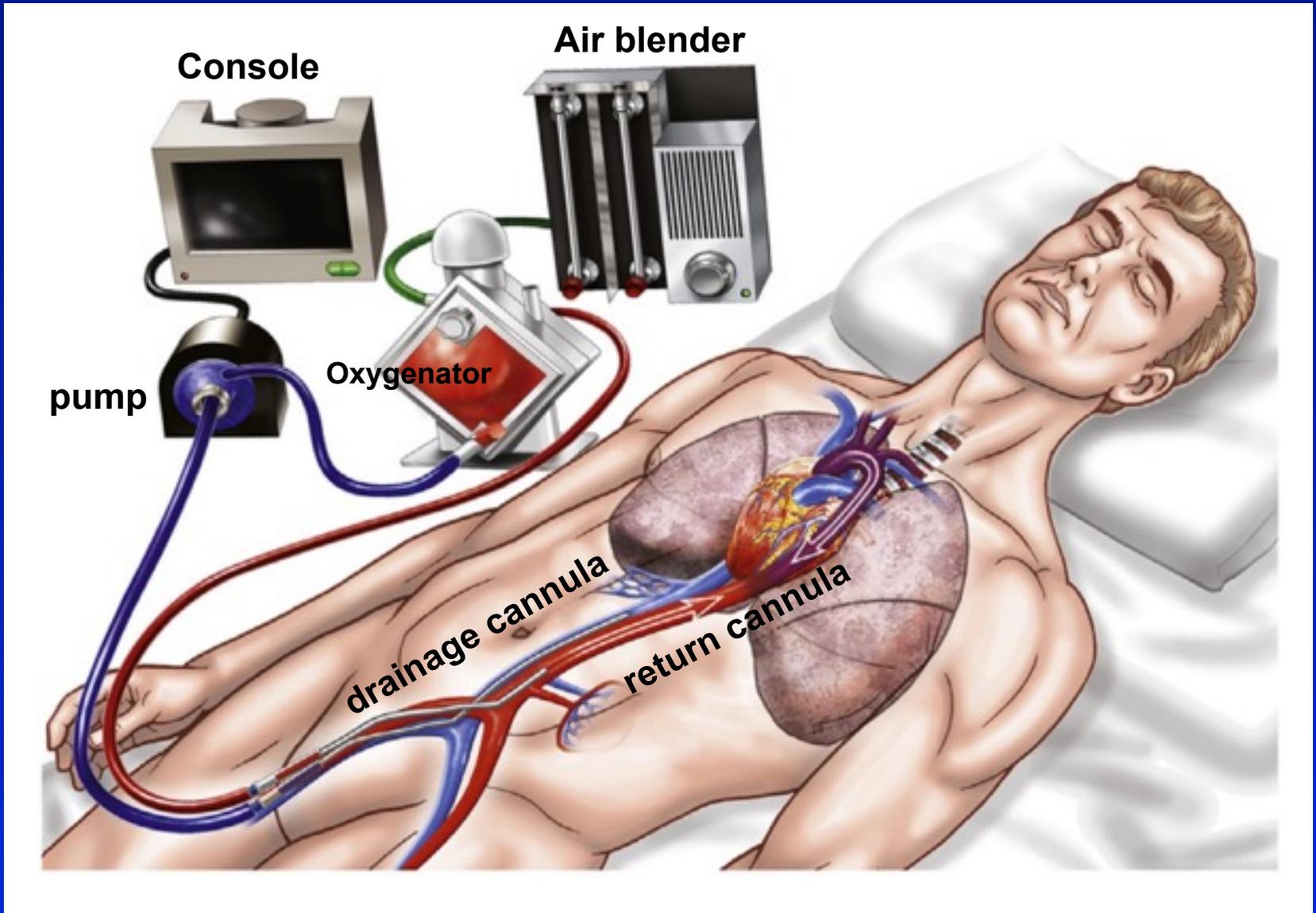
# Veno-venous (VV) ECMO



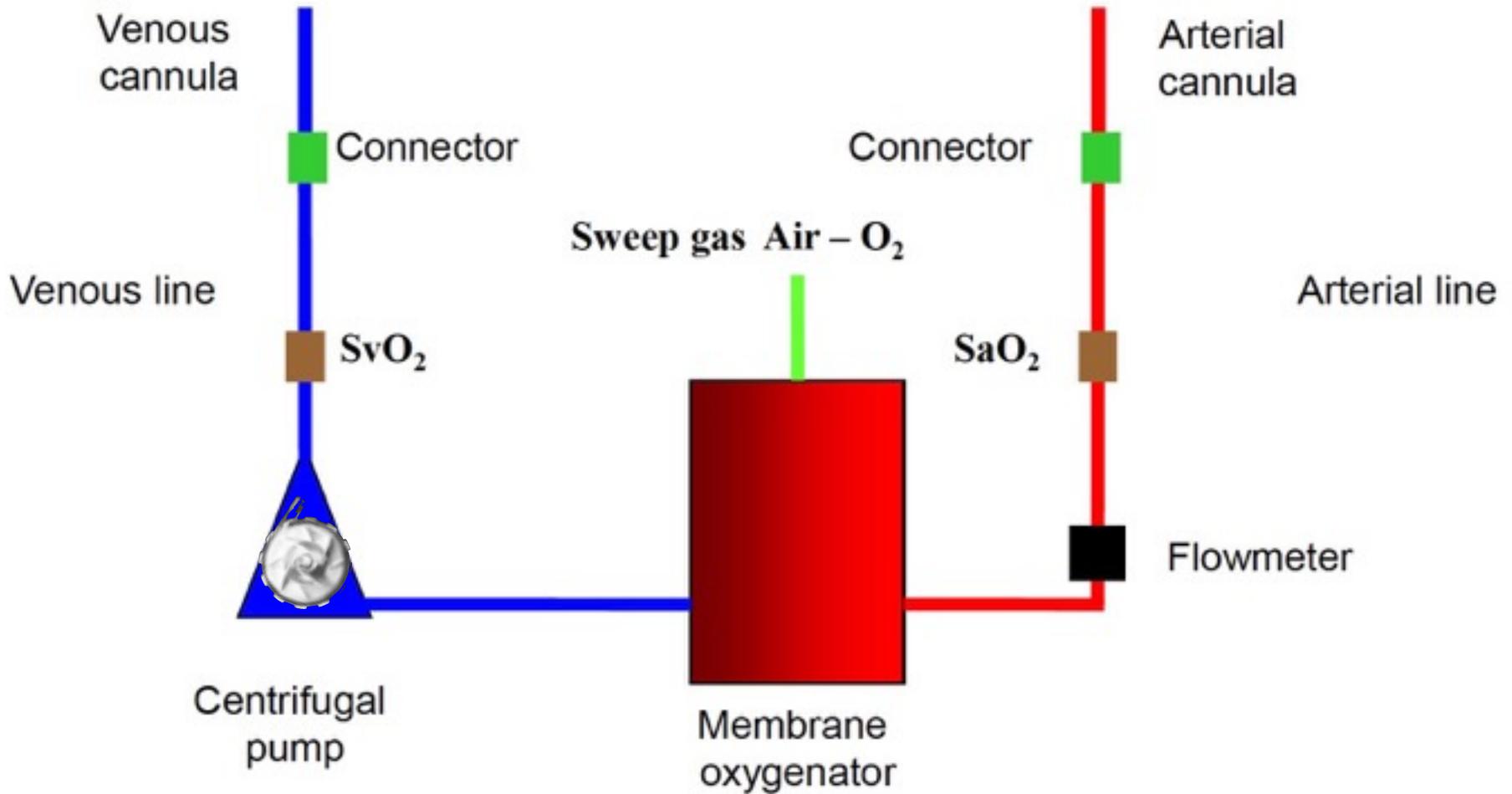
# Peripheral VV ECMO



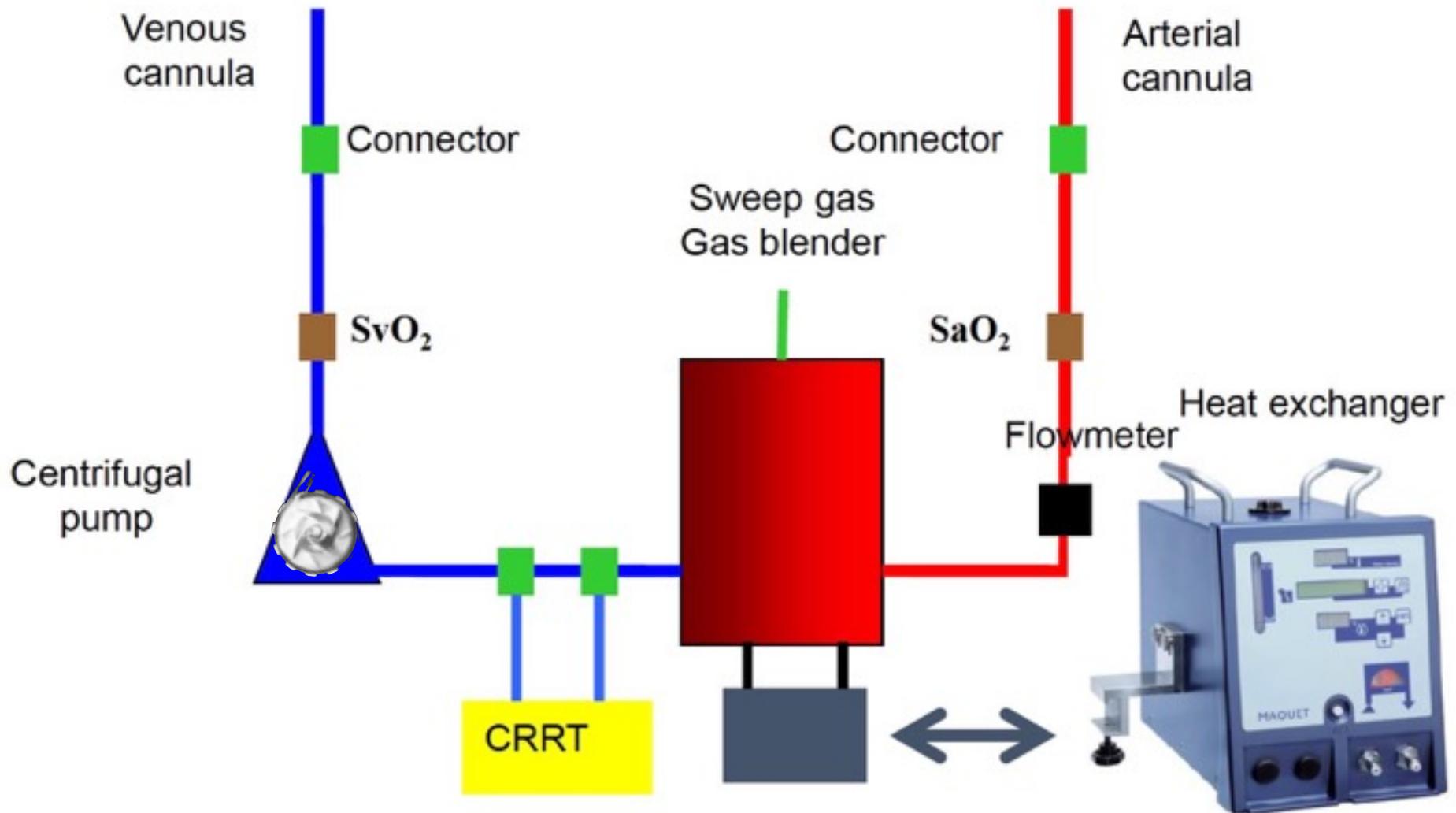
# Veno-arterial (VA) ECMO



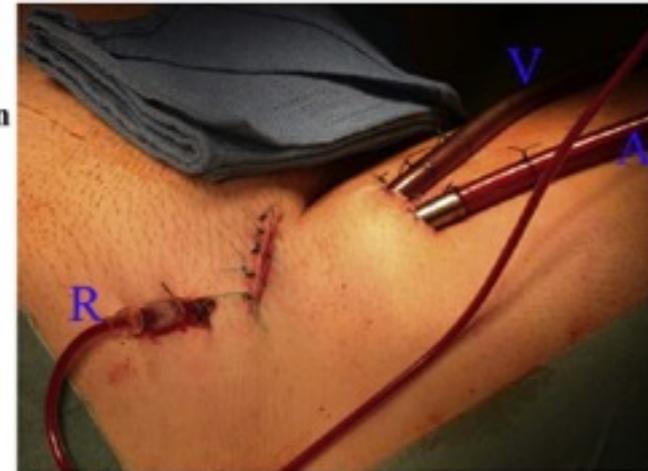
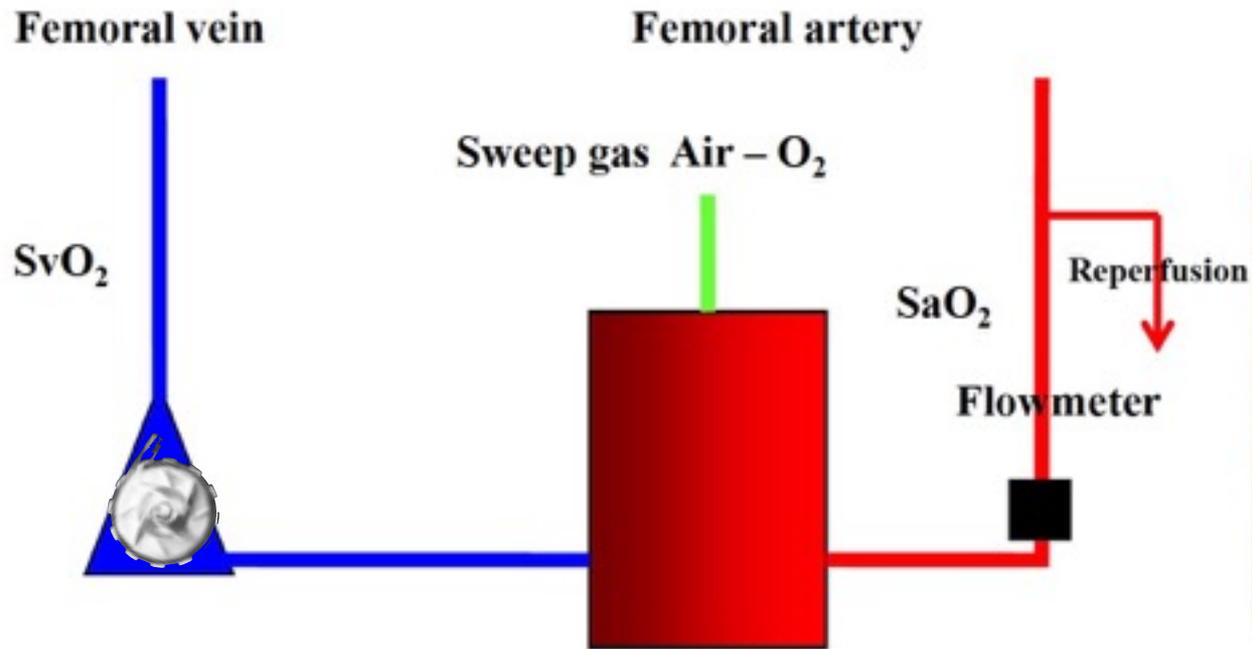
# VA ECMO : The circuit



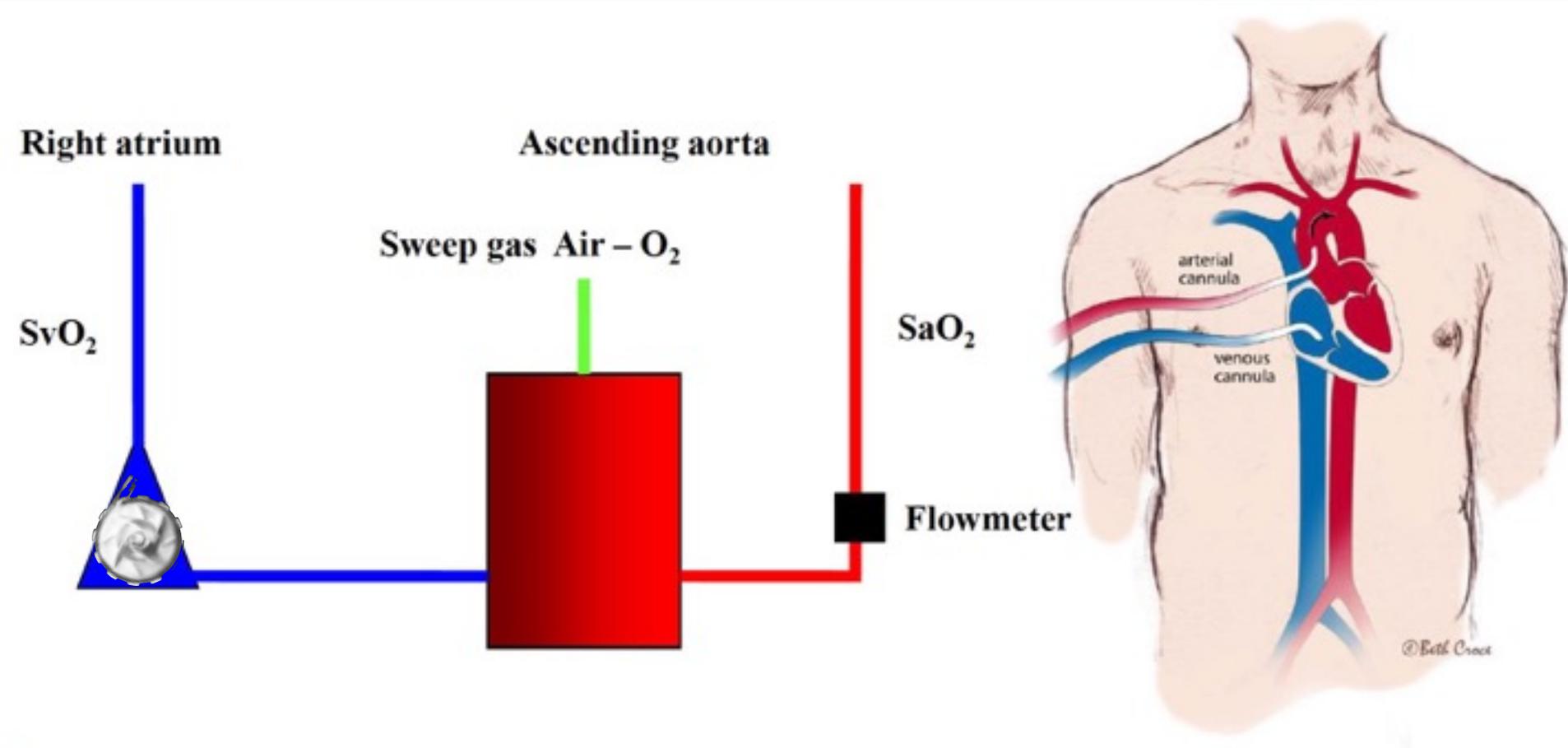
# VA ECMO : The circuit (2)



# Peripheral VA ECMO



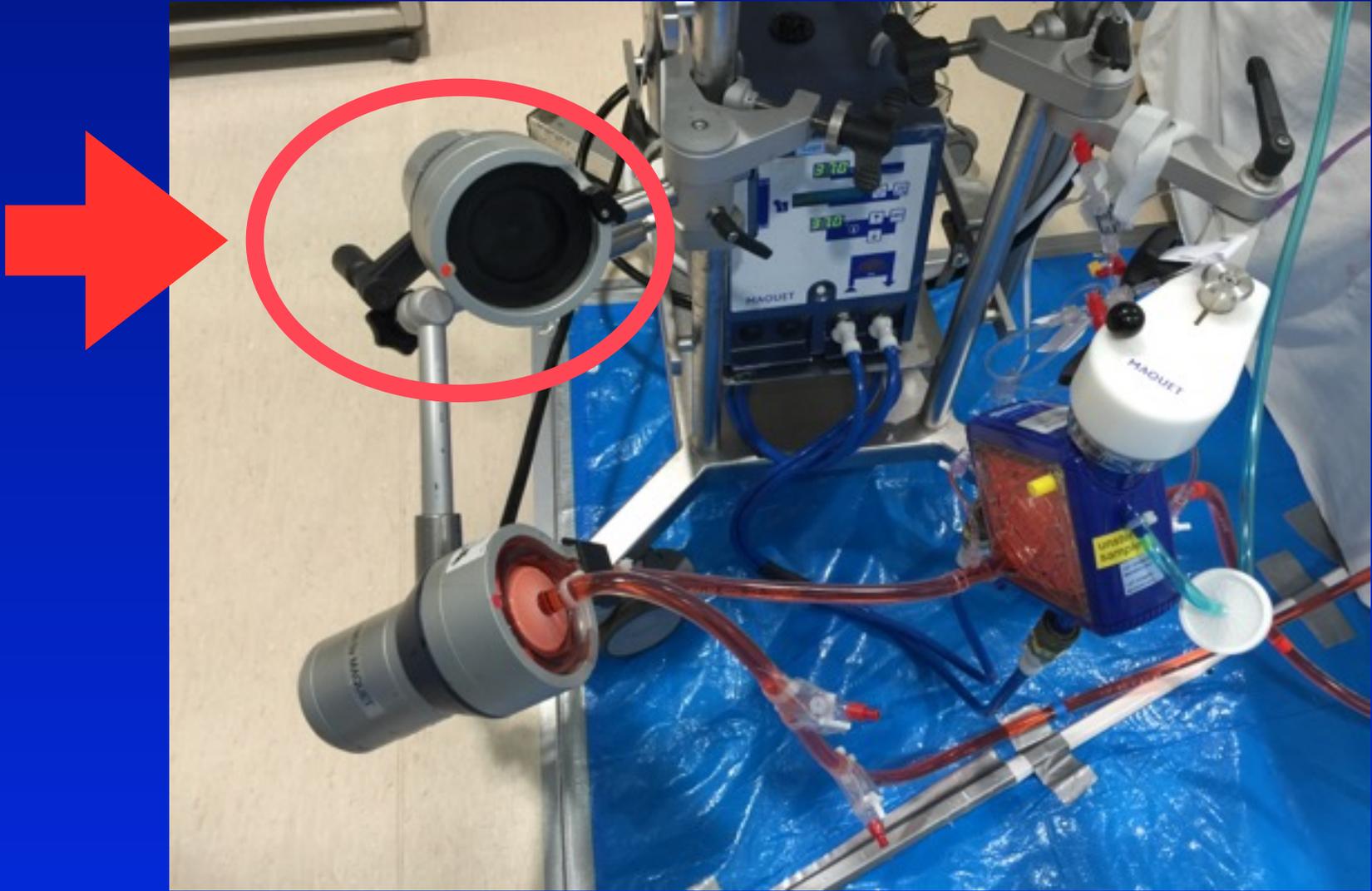
# Central VA ECMO



# Circuit of VA ECMO



# Quiz # 1: สิ่งนี้คืออะไร เอาไว้ใช้ทำอะไร



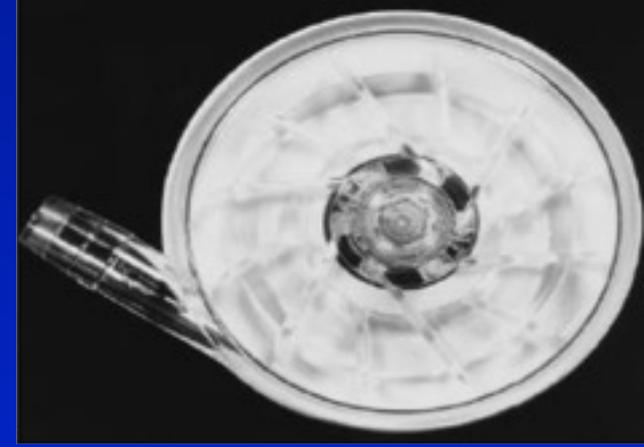
# Centrifugal pump



**Cones**



**Curved  
blades**



**Straight  
blades**



# Centrifugal pump

## *Rotaflow*



# Rotaflow centrifugal pump

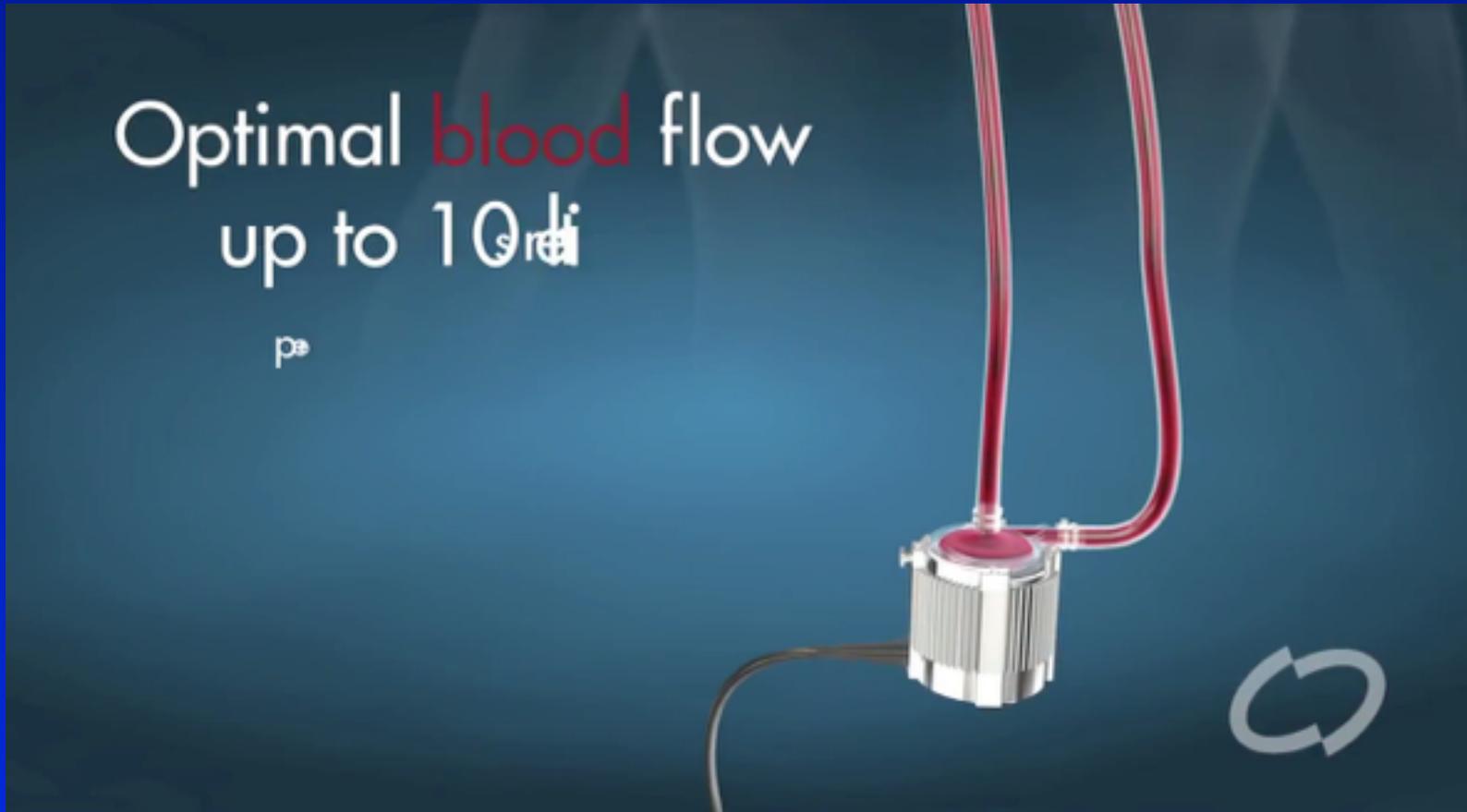
Technical Data	ROTAFLOW Centrifugal Pump
Priming volume	32 ml
Surface	190 cm <sup>2</sup>
Diameter of rotor	50 mm
Flow rate	0 – 10 l/min
Connectors	3/8"
Material	Polycarbonate





# Centrifugal pump

## *Centrimag*



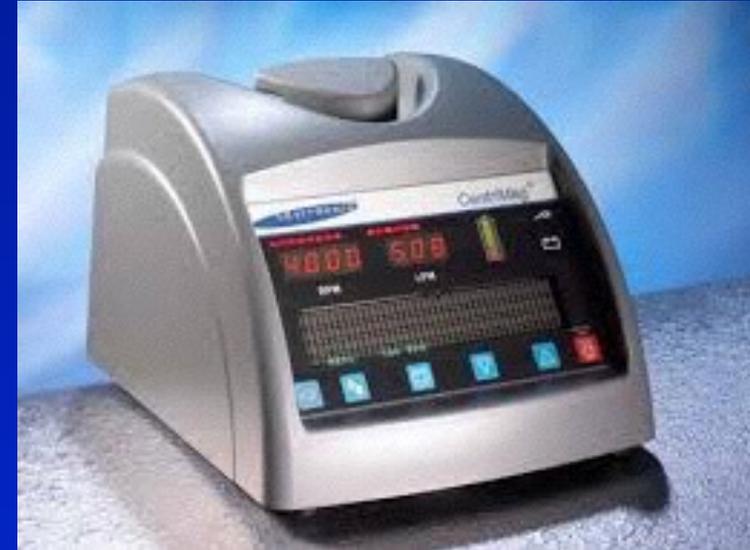
# Console



**Rotaflo**



**CardioHelp**



**Centrimag**



# Understanding ECMO Console Parameters

## MARQUET ROTAFLOW

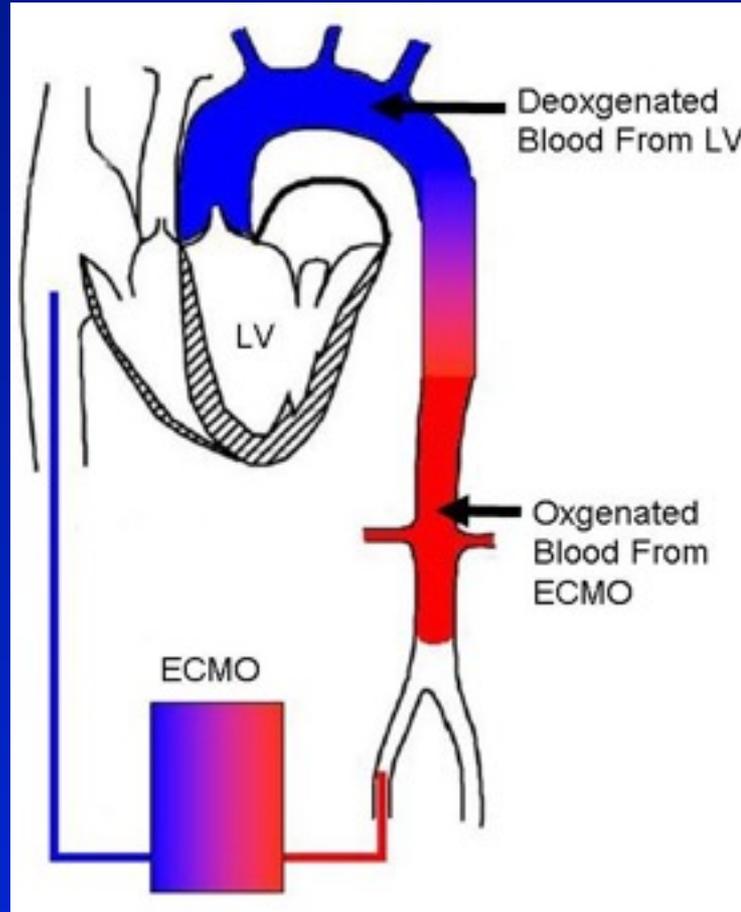


# Basic ECMO Physiology

- **ECMO effect on patient**
- **Patient effect on ECMO**



# ECMO effect on patient



↓ venous return to LA

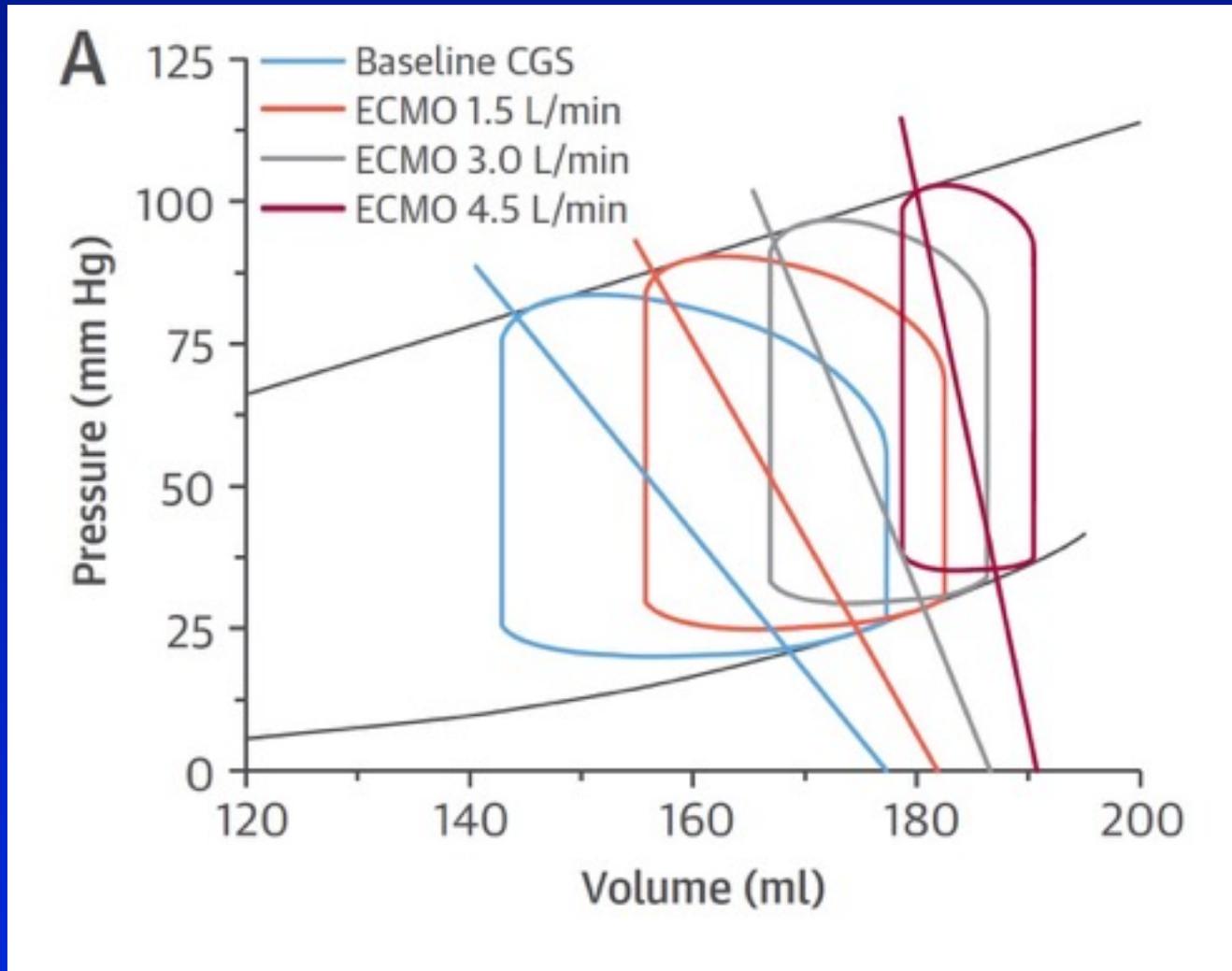
↑ afterload

- AV close
- Increased LVEDP and LVEDV

**anti-physiologic**



# Hemodynamic Change in ECMO

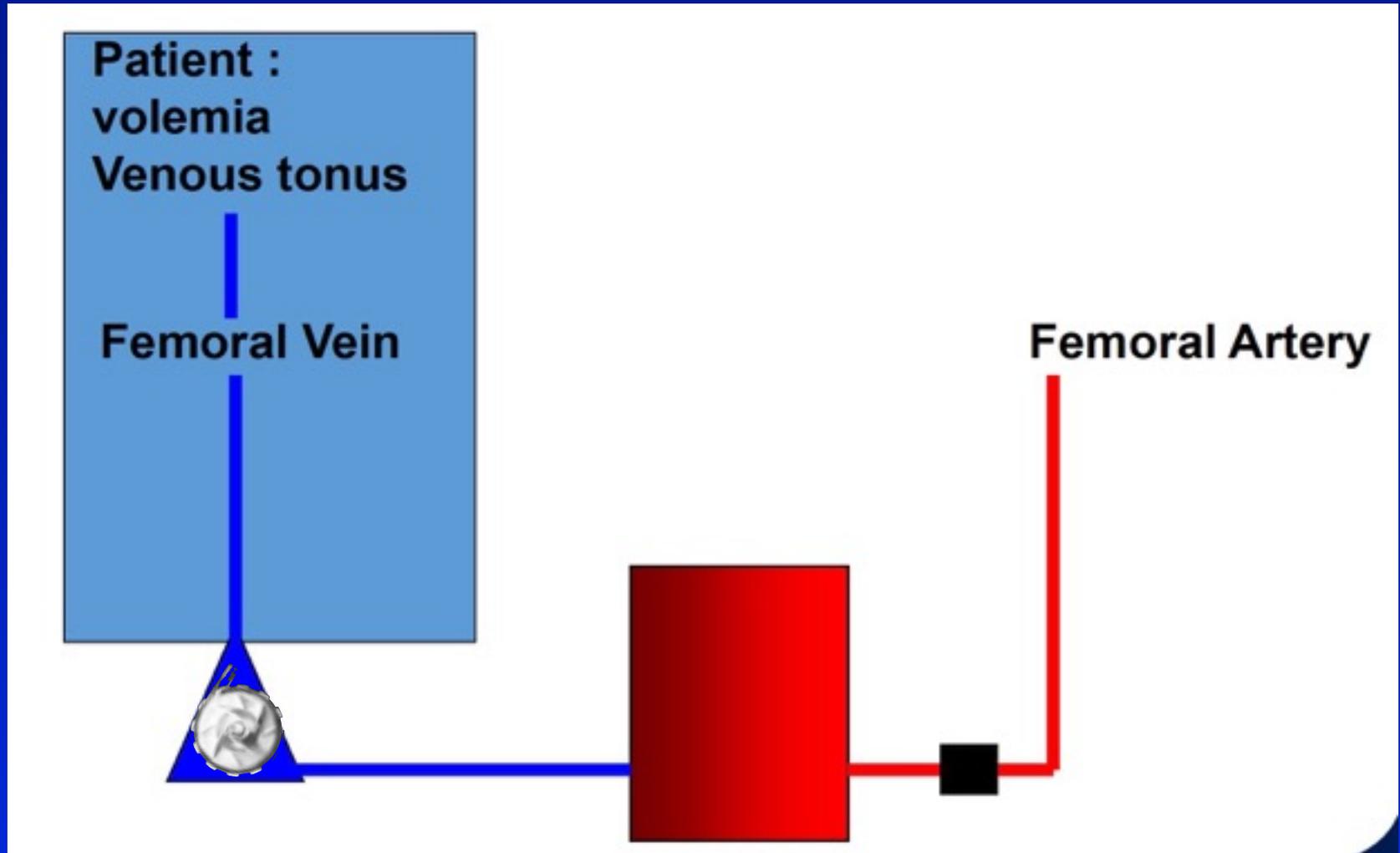


# Patient effect on ECMO

	↑ flow	↓ flow
Preload	↑	↓
Afterload	↓	↑
Contractility	↓	↑



# Preload

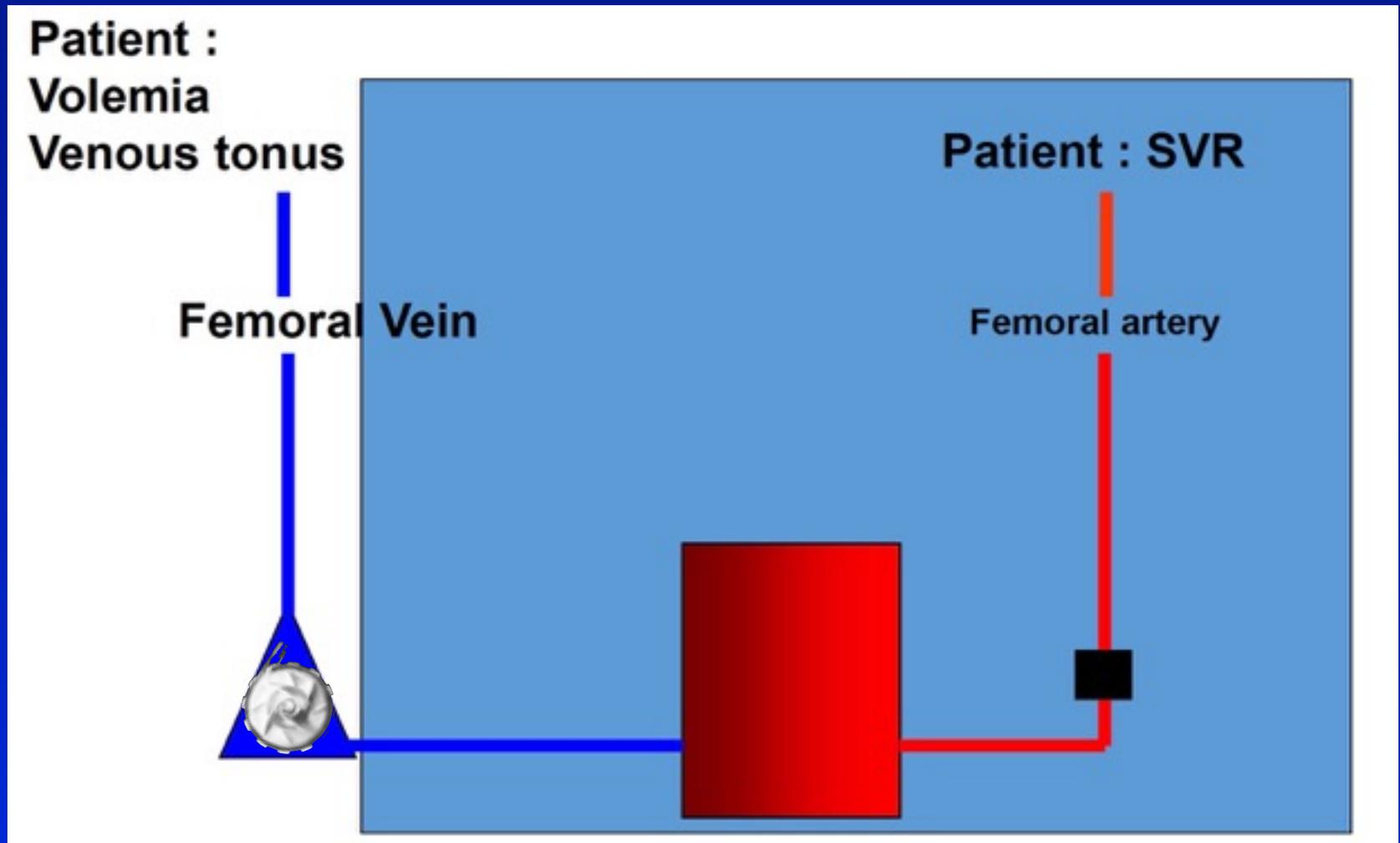


# Preload

- **Volume status**
- **Venous tone**
- **Position of the venous cannula**
- **Diameter and length of the venous cannula**
- **Diameter and length of the venous tubing**



# Afterload

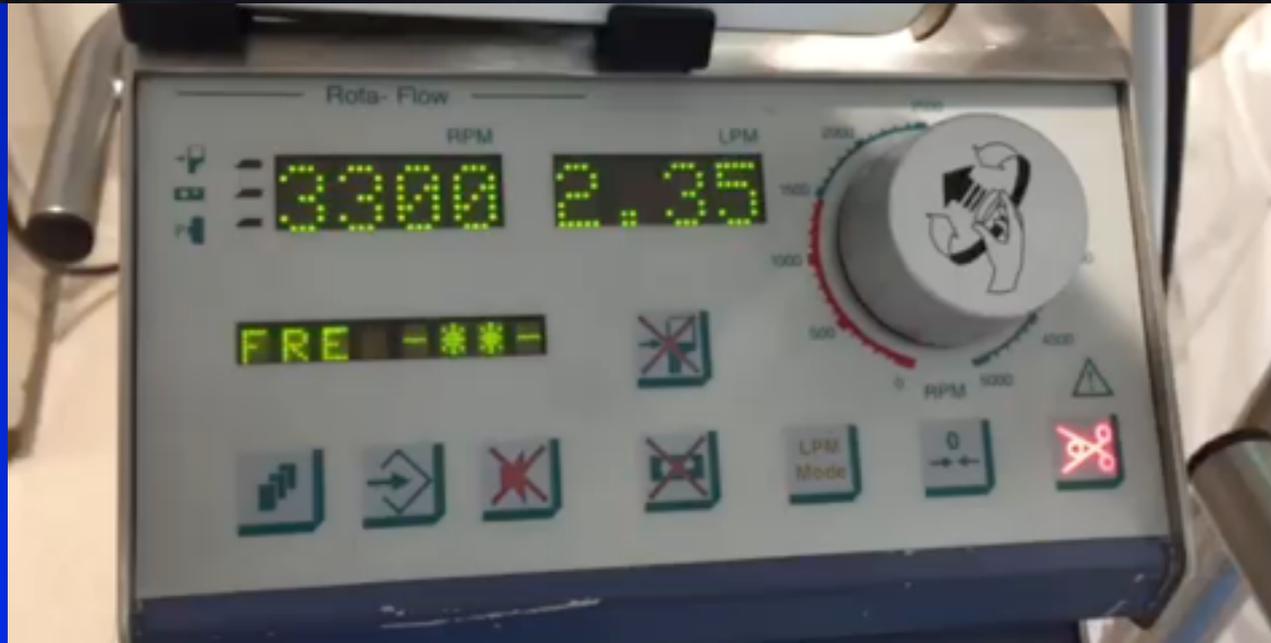


# Afterload

- Systemic vascular resistance
- Oxygenator resistance
- Diameter and length of the tubing
  - From pump to oxygenator
- Diameter and length of the arterial line after oxygenator
- Diameter and length of the arterial cannula
- Position of the arterial cannula



**Scenario#1: 35 YOM S/P VA ECMO for myocarditis. After the surgeon left, there an ECMO alarm. What would you do ?**



# Scenario#2: ท่านถูก notify ในเวรว่ามีความผิดปกติของสาย ECMO ดังนี้ จงบอกสาเหตุ และ management



**Scenario#3: ผู้ป่วย Anterior wall STEMI with cardiac arrest ใส่ VA ECMO (ECPR) plan จะ transfer ไป PCI แต่มี ปัญหา VF upon transfer แม้ทำ Defib x3 แล้ว ทำยังไงดี ?**



**Scenario#4: ผู้ป่วย myocarditis ใส่ VA-ECMO มีปัญหา SpO2 drop ในช่วง 2-3 วันที่ผ่านมา จาก parameter บนหน้าจอนี้ ตัวเลขไหนที่ใช้ออกกว่าผู้ป่วยอาจจะมีปัญหา clot ใน oxygenator?**

MAQUET  
GETINGE GROUP

LPM below limit 12:18:39

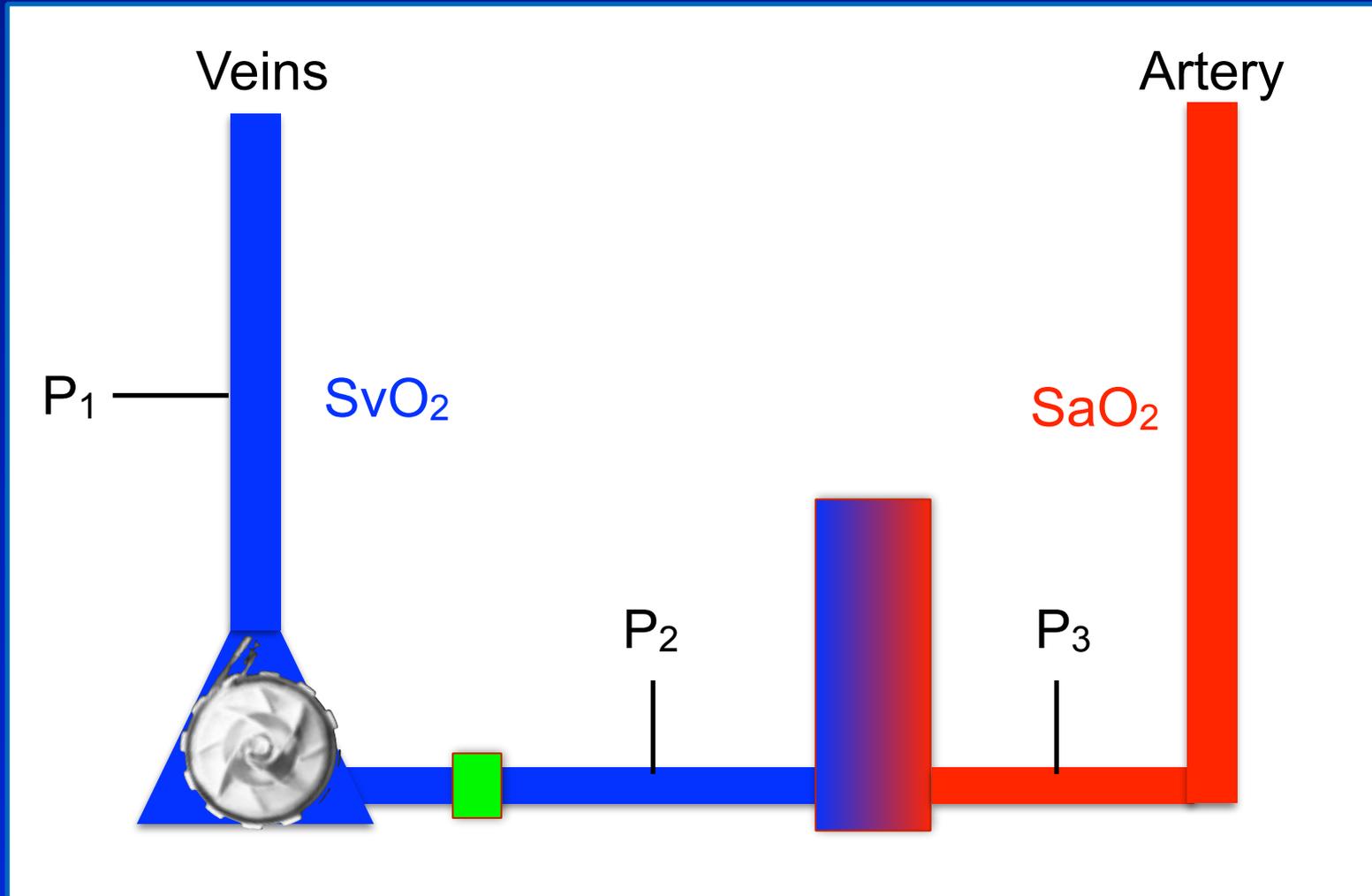
$\dot{V}$ lpm	2.04	rpm	2400
$p_{Ven}$ mmHg	-124	$P_{Art}$ mmHg	35
$P_{int}$ mmHg	40	$T_{Art}$ °C	37.0
$\Delta p$ mmHg	5	$S_{VO_2}$ %	---

CARDIOHELP

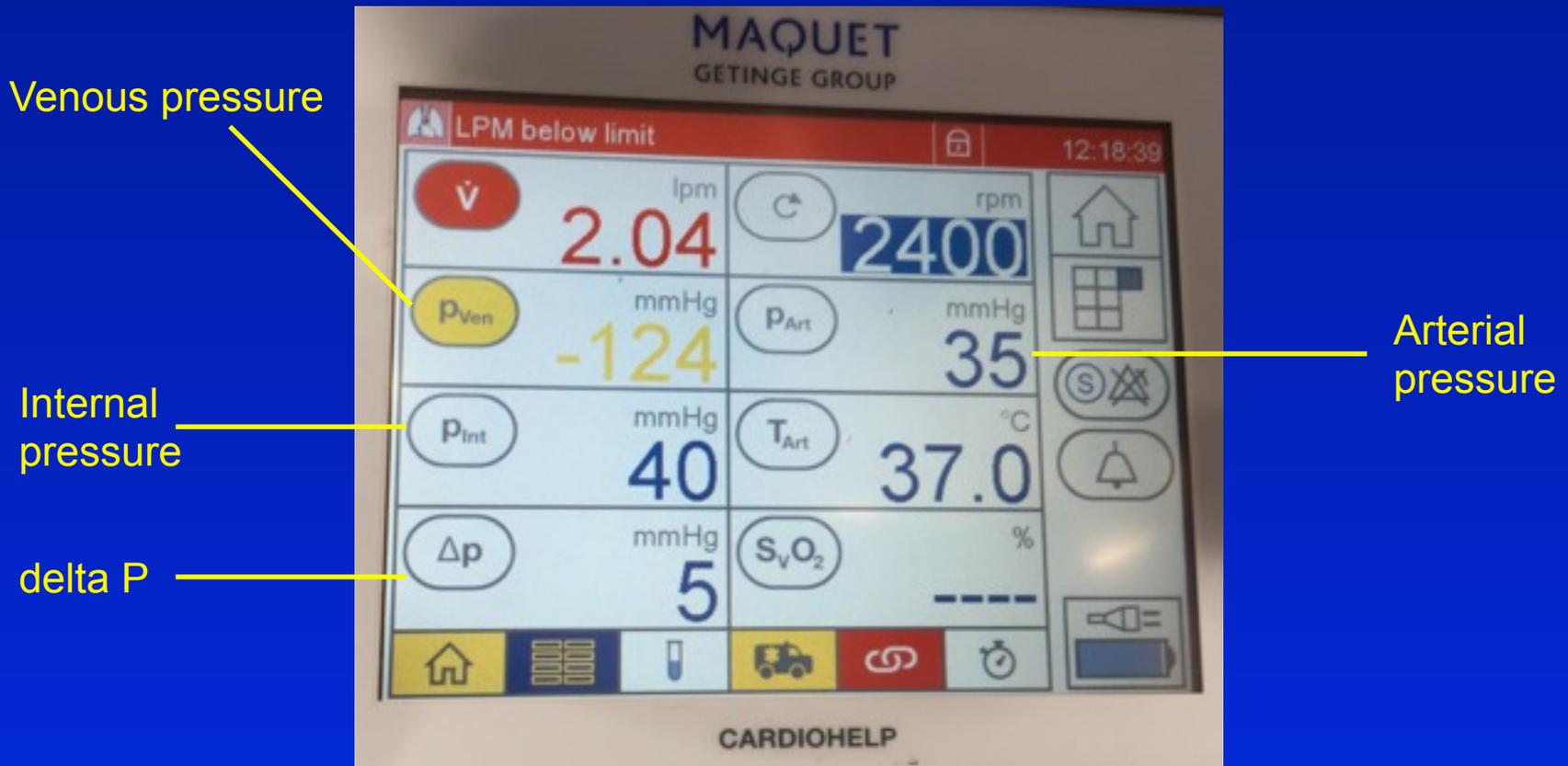
A points to  $\dot{V}$  (2.04 lpm)  
B points to  $P_{int}$  (40 mmHg)  
C points to  $\Delta p$  (5 mmHg)  
D points to  $P_{Art}$  (35 mmHg)  
E = I don't know



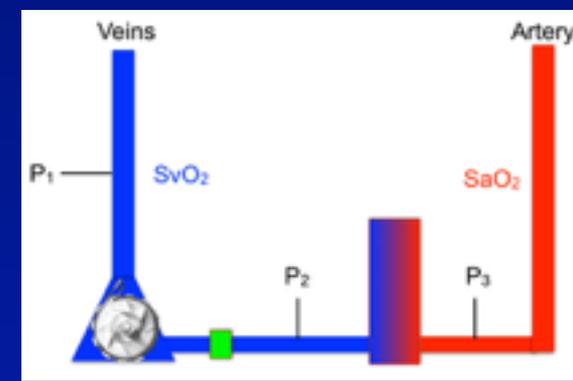
# ECMO circuit pressure monitoring



**Scenario#4: ผู้ป่วย myocarditis ใส่ VA-ECMO มีปัญหา SpO2 drop ในช่วง 2-3 วันที่ผ่านมา จาก parameter บนหน้าจอนี้ ตัวเลขไหนที่ใช้บอกว่าผู้ป่วยอาจจะมีความผิดปกติ clot ใน**



# ECMO circuit pressure monitoring (absolute value)



P1 -50 to -100	P2 200-300	P3 250-350	Diagnosis
↑	↓	↓	Hypovolemia, Tamponade, Pneumothorax Venous cannula malposition or venous line kinking
↓	↓	↓	Head pump failure
↓	↑	↓	Oxygenator failure (thrombosis)
↓	↑	↑	Increased pump afterload (hypertension, arterial line kinking)



# RAMATHIBODI ECMO DATA SHEET

Perfusionist : Dr. Anon Sutthasit, Dr. Anon Gint

Date : 10 Nov 20

Post op day : -

Name : Dr. S. Srinan Inwira

HN 5099336

Dx : Myocarditis & Post arrest

Op : ECMO

Ht : 153 cms.

ECMO type : V-A Oxygenator : Quadrox-PLS Adult

Wt : 52 kgs.

Arterial can : Maquet 19 Fr

BSA : 1.49 m<sup>2</sup>

Venous can : Maquet 21 Fr

Flow	CI 2.4 =	3.54	LPM
	CI 3.0 =	4.43	LPM
	CI 3.5 =	5.27	LPM



TIME	Pt				ECMO										LAB											
	HR	pressure		CVP	Temp	Ket, mmHg O <sub>2</sub> sat	Blood flow		GAS		pressure				Temp	Brain Distal		pH	pCO <sub>2</sub>	pO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	BE	O <sub>2</sub> sat	CO <sub>2</sub>	Hb	Na
		Sys/Dias	MAP				RPM	LPM	sweep	FiO <sub>2</sub>	pre pump	pre memb	post memb	ΔP		Sat SaO <sub>2</sub>	cmH <sub>2</sub> O									
01:00	86	82/77	79	-	-	100	4115	5.19	3.5	70	-	302	268	34	35.5	67/69	20									
02:00	93	89/77	79	-	-	100	405	5.12	3.5	70	-	299	265	34	35.5	68/67	20									
03:00	99	82/76	78	-	-	100	4115	5.11	3.5	70	-	298	264	34	35.5	71/66	20									
04:00	96	85/89	70	-	-	100	4115	5.12	3.5	70	-	299	264	35	35.5	69/67	20									
05:00	104	78/70	72	-	-	100	4115	5.02	3.5	70	-	299	264	35	35.5	66/70	20									
06:00	107	82/73	77	-	-	100	4115	5.10	3.5	70	-	297	262	35	35.5	67/71	20	7.37	27.1	324.8	15.8	-9.7	99.9	22	11.7	
07:00	106	81/77	74	-	-	100	4115	5.09	3.2	70	-	294	261	35	35.5	67/71	20									
08:00	107	76/67	69	-	-	100	4115	5.05	3.2	70	-	290	256	34	35.5	65/69	20									
09:00	109	92/63	65	-	-	98	4168	4.97	3.2	70	-	285	250	35	35.5	64/65	20									
10:00	108	69/60	63	17	-	97	4165	4.87	3.2	70	-	270	236	34	35.5	64/67	20									
11:00	109	92/61	64	24	-	98	4116	4.80	3.2	70	-	292	242	30	35.5	64/54	20									

## Patient

## ECMO

HR, MAP, CVP  
Right arm Sat

Flow, RPM, Gas (Sweep, FiO<sub>2</sub>)  
Pressure : Prepump, Premembrane, post membrane, ΔP  
Brain sat, distal perfusion pressure



# Management of ECMO (1)

## Heart Rest

- Maintain MAP 60-90 mmHg
- Minimize use of inotropes/pressors
- Proper control of arrhythmias

## Lung Rest

- Minimize ventilation
  - $FiO_2 < 0.5$
  - Rate 10-15/min
  - Peak airway pressure  $< 30$  cmH<sub>2</sub>O



# Management of ECMO (2)

## Target parameters for initial treatment

- ECMO Flow : 60-80 cc/kg/min
- SaO<sub>2</sub> : 100%
- MvO<sub>2</sub> : 60-75%
- SpO<sub>2</sub> (right arm) : 95-100%
- pCO<sub>2</sub> : 35-45 mmHg
- pH 7.35-7.45
- Platelet > 80,000
- Hematocrit > 28%



# Management of ECMO (3)

## Anticoagulation

- Target ACT 180-220 sec with IV heparin
- aPTT 60-80 sec (40-60 sec in high risk bleeding, try keeping high speed)
- ACT is less sensitive than aPTT for anticoagulation testing in low to moderate dose of heparin (esp. VV ECMO)



# Management of ECMO (4)

ยา	การเปลี่ยนแปลงเภสัชจลนศาสตร์	ขนาดยาปกติ	ขนาดยาที่แนะนำขณะทำ ECMO	Log P*
<b>Antibiotics, Antifungal agents</b>				
Gentamicin	Vd เพิ่ม clearance ลด half life เพิ่ม	Loading 7 mg/kg/day then 5 mg/kg/day	2.5 mg/kg q 18-24 hr และทำ therapeutic drug monitoring	-3.1
Vancomycin	Vd เพิ่ม clearance ลด	Loading 25 mg/kg then 15-20 mg/kg q 8 hr Severe: loading 30 mg/kg	15 mg/kg q 18-24 hr และทำ therapeutic drug monitoring	-3.1
Acyclovir	ไม่ทราบแน่ชัด	10 mg/kg q 8 hr drip over 1 hr	ไม่มีคำแนะนำ	-1
Oseltamivir	ไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากเป็นยาที่ขอมละลายน้ำ	2 mg/kg q 12 hr เป็นระยะเวลา 5 วัน	(ผู้ใหญ่ 7 ทราย) ไม่จำเป็นต้องปรับขนาดยา ยกเว้นกรณีที่การทำงานของไตแย่ง	1
Voriconazole	ยาถูกดูดซับใน circuit เนื่องจากเป็นยาที่ขอมละลายในไขมัน	6 mg/kg q 12 hr then 4 mg/kg q 12 hr	(ex vivo) ร้อยละ 71 หายไปใน circuit แนะนำการวัด therapeutic drug monitoring	1
Caspofungin	ไม่ถูกดูดซับไปใน circuit เนื่องจากเป็นยาที่ขอมละลายน้ำ	70 mg day 1 then 50 mg/day drip over 1 hr	ไม่จำเป็นต้องปรับขนาดยา	0
Liposomal amphotericin B	ไม่เปลี่ยนแปลง	3-6 mg/kg daily over 1-2 hr	ไม่จำเป็นต้องปรับขนาดยา พบระดับยาเพียงพอที่ทำให้เกิดการรักษา	0.8(amphotericin B)
<b>Analgesia, sedative agents</b>				
Fentanyl	ยาถูกดูดซับใน circuit เนื่องจากเป็นยาที่ขอมละลายในไขมัน	5-10 mcg/kg then 5-10 mcg/kg/hr	In vitro ในช่วง 3 ชั่วโมงแรกไม่พบว่ายาหายไป circuit แต่หลังจาก 24 ชั่วโมงพบว่ามีการหายไปของยา แนะนำการใช้เฉพาะช่วงสั้นๆ หากใช้เป็นระยะยาว แนะนำขนาดยาสูง	4.05
Morphine	Vd เพิ่ม clearance ลดในช่วงเริ่ม ECMO จากนั้นปกติหลัง 10-14 วันของ ECMO	0.1 mg/kg stat IV, 10-30 mcg/kg/hr IV	In vitro พบว่ายาถูกดึงออกโดย circuit ร้อยละ 40 แนะนำการใช้ในขนาดที่สูงขึ้นและแนะนำให้ใช้ยาที่ใช้ในระยะยาว	0.89
Propofol	ยาถูกดูดซับใน circuit เนื่องจากเป็นยาที่ขอมละลายในไขมัน	1-3 mg/kg/hr ไม่นานเกินกว่า 48 ชั่วโมง	In vitro ร้อยละ 76-98 ถูกดูดซับด้วย circuit จึงไม่แนะนำการใช้ยานี้	3.79
Midazolam	Vd เพิ่ม CI เพิ่ม ยาถูกดูดซับใน circuit เนื่องจากเป็นยาที่ขอมละลายในไขมัน	0.1-0.2 mg/kg IV stat then 1-4 mcg/kg/min IV	แนะนำการใช้ขนาดยาที่สูงขึ้น พบการเพิ่มขนาดยาในช่วงที่ใช้ยามาแล้วประมาณ 5-7 วัน	3.33



# Complications of ECMO

**Thrombosis (1-22%)**

**Bleeding, coagulopathy and hemolysis 5-79%**

**Infection 17-49%**

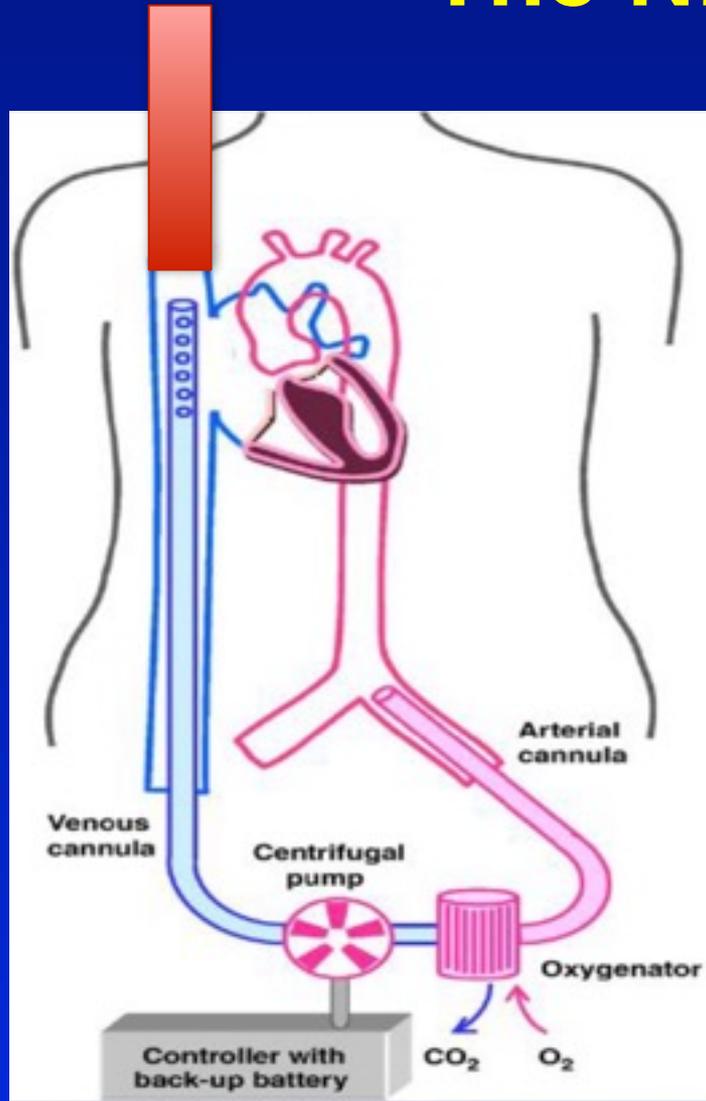
**Limb ischemia (13-25%)**

**- Prevented by distal perfusion**



CVC air entry

# The Nightmare



# Low flow after initiation of ECMO

## Common causes

- Bleeding
- Cardiac tamponade
- Relative hypovolemia (SIRS)

## Management

- Give volume
- Decrease PEEP
- Search for cannulation complication : bleeding
- Echo to exclude tamponade



# Visible access insufficiency (shaking of access line)

## Common causes

- Hypovolemia/bleeding
- Excessive RPM
- Sub-optimal cannula position
- Positioning (after turning the patient)
- Increased abdominal pressure

## Management

- Give volume
- Decrease RPM
- X-ray to confirm the cannula position



# Refractory VF on VA ECMO

## Concept

- Organ perfusion can be maintained with ECMO and defib to sinus rhythm is not the utmost urgent
- Should not waste time for unlimited defib and delay other life-saving procedure e.g. PCI

## Management

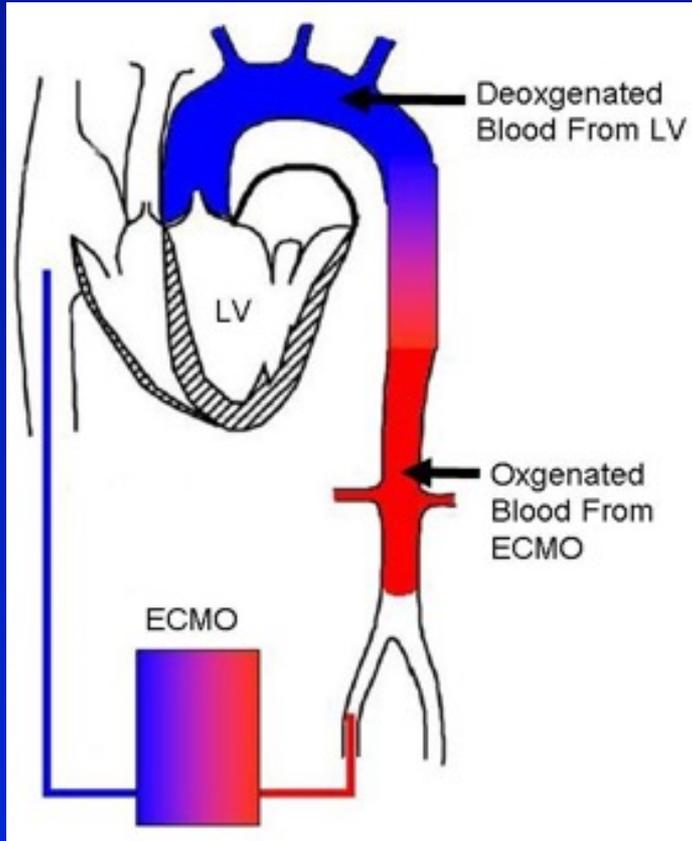
- Permissive VF
- Decide to go to cath lab



**Scenario#5: Amy is a 25-year-old woman suffering from acute viral myocarditis, complicated with AKI, aspiration pneumonia/ARDS on VA-ECMO for 5 days. She was conscious and obeying command all along. She noticed to be confused and agitated since this morning. SpO2 RA 85%, LA 85%, RL 100%, LL 100% What is your management ?**



# Differential Hypoxia



**“Good heart bad lung”**

**“Harlequin syndrome”**

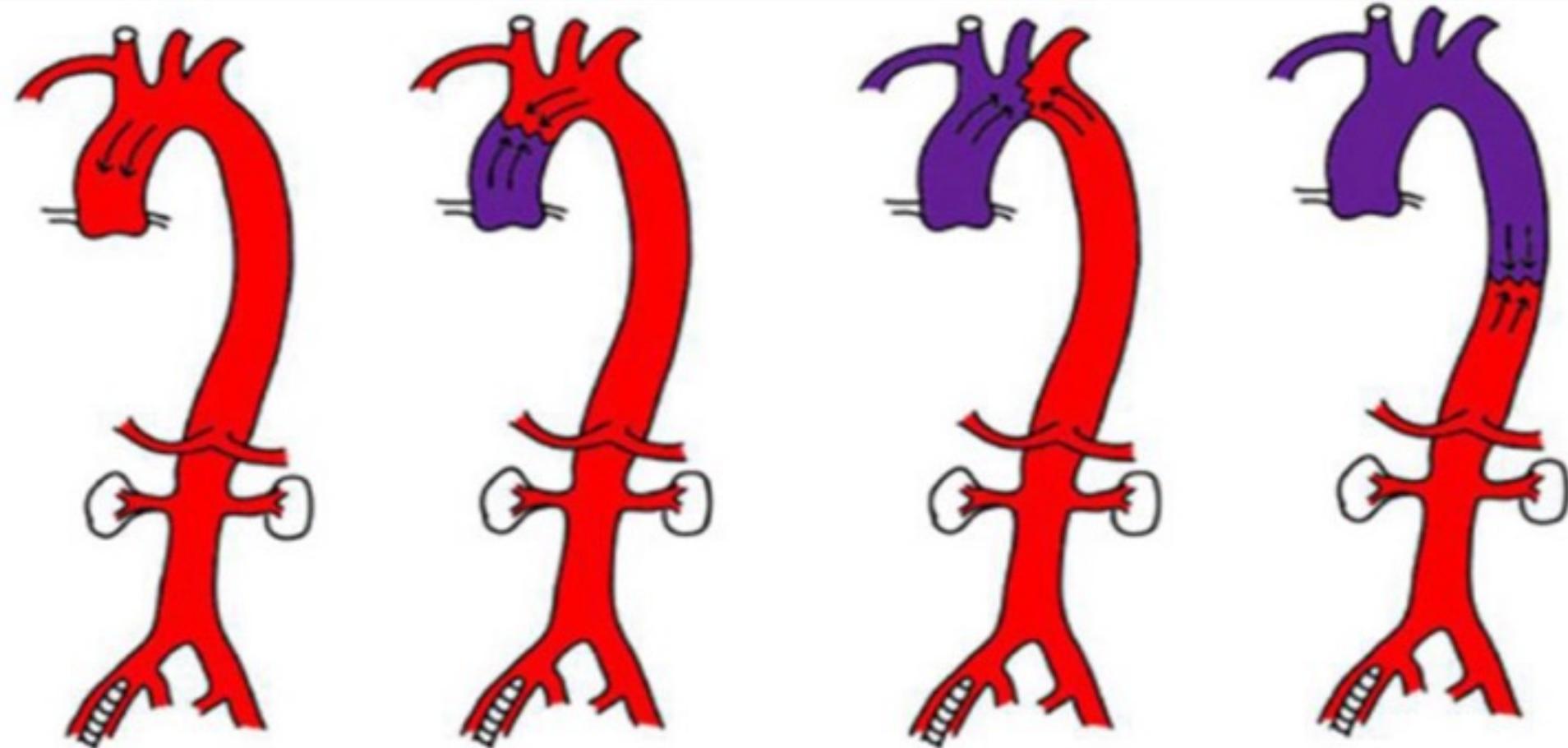
*: “Blue head” : deoxygenated blood directed to the upper part of the body*

*: “Red leg” : hyper oxygenated blood in the lower part of the body*

**Rx : Switch to VV/VAV ECMO**



# Change of Flow Interface according to Native CO



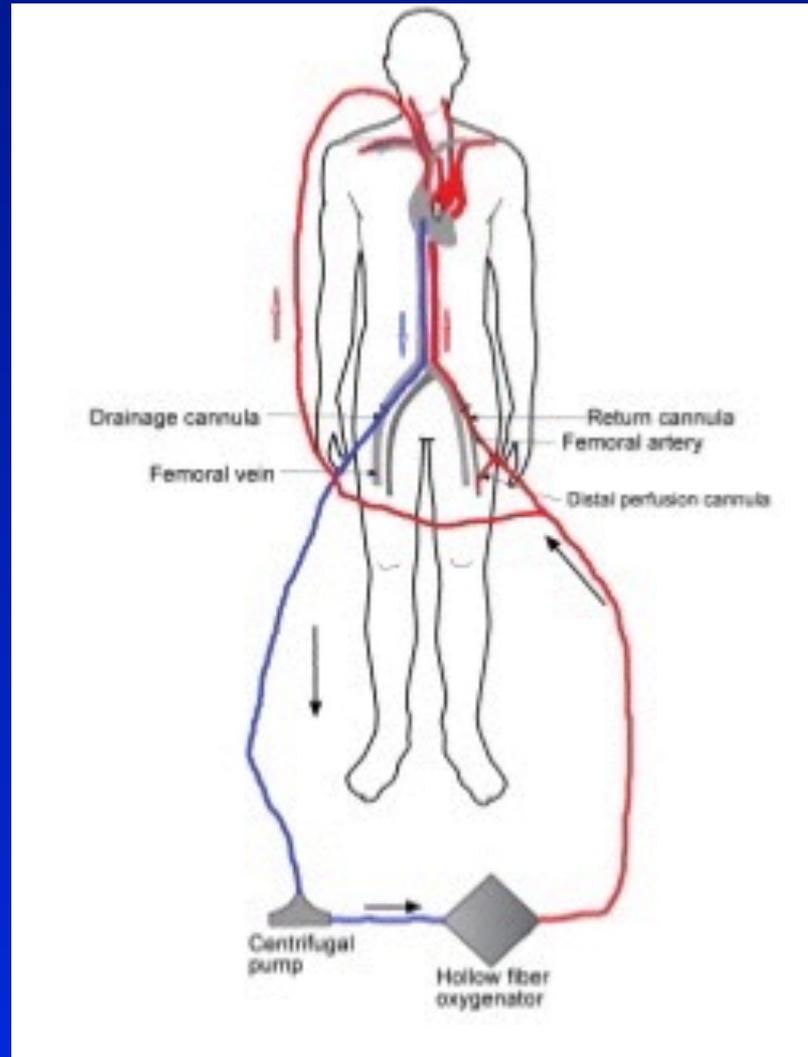
# ECMO Watershed



# ECMO Watershed



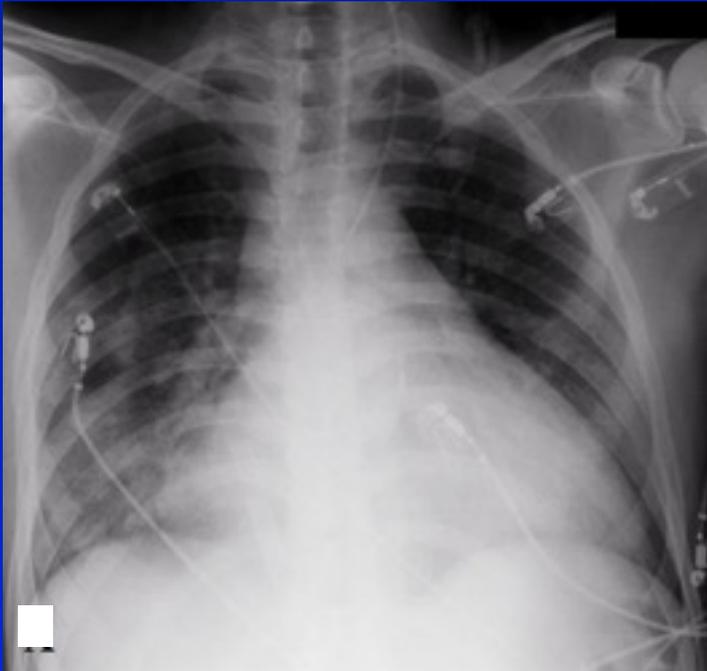
# VAV ECMO



# Pulmonary edema in VA ECMO

Increased in LV afterload

- Aortic / mitral regurgitation, LV dilation
- Increased LVEDP
- Pulmonary edema



# Management of Pulmonary edema in VA ECMO

- IABP
- Impella
- Atrial septostomy
- Direct LV decompression (vent)



# Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score

**Matthieu Schmidt<sup>1,2\*</sup>, Aidan Burrell<sup>1,3</sup>, Lloyd Roberts<sup>3</sup>, Michael Bailey<sup>1,3</sup>, Jayne Sheldrake<sup>3</sup>, Peter T. Rycus<sup>4</sup>, Carol Hodgson<sup>1,3</sup>, Carlos Scheinkestel<sup>3</sup>, D. Jamie Cooper<sup>1,3</sup>, Ravi R. Thiagarajan<sup>4,5,6</sup>, Daniel Brodie<sup>7</sup>, Vincent Pellegrino<sup>1,3</sup>, and David Pilcher<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Australian and New Zealand Intensive Care Research Centre, Department of Epidemiology and Preventive Medicine, School of Public Health, Monash University, Melbourne, Australia; <sup>2</sup>Medical-Surgical Intensive Care Unit, ICAN, Institute of Cardiometabolism and Nutrition, Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, Université Pierre et Marie CURIE, PARIS 6 47 bd de l'Hopital, Paris 75651, France; <sup>3</sup>Intensive Care Department, Alfred Hospital, Melbourne, Australia; <sup>4</sup>Extracorporeal Life Support Organization, Ann Arbor, MI, USA; <sup>5</sup>Department of Cardiology, Children's Hospital, Boston, USA; <sup>6</sup>Department of Pediatrics, Harvard Medical School, Boston, USA; and <sup>7</sup>Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Columbia College of Physicians and Surgeons, New York, USA

Received 26 December 2014; revised 5 April 2015; accepted 29 April 2015

*Eur Heart J. 2015 Sep 1;36(33):2246-56.*

*Cardiogenic shock*  
*n = 3,846*



*VA ECMO*



**42%**

*Survival*

# 42%

Survival N=3,844

## Risk factors of mortality

*Chronic renal failure*  
*Longer duration of ventilation*  
*Pre-ECMO organ failure*  
*Pre-ECMO cardiac arrest*  
*Congenital heart disease*  
*Lower pulse pressure,*  
*Lower serum bicarbonate (HCO<sub>3</sub>)*

## Protective factors of mortality

*Younger age*  
*Lower weight*  
*Acute myocarditis*  
*Heart transplant*  
*Refractory VT/VF*  
*Higher diastolic blood pressure*  
*Lower peak inspiratory pressure*

<http://www.save-score.com/>

<b>Diagnosis:</b> ⓘ	
Myocarditis	<input type="checkbox"/>
Refractory VT/VF	<input type="checkbox"/>
Post heart or lung transplantation	<input type="checkbox"/>
Congenital heart disease	<input type="checkbox"/>
Other diagnoses	<input type="checkbox"/>
<b>Age (years):</b>	18-38 <input type="checkbox"/>
	39-52 <input type="checkbox"/>
	53-62 <input type="checkbox"/>
	≥63 <input type="checkbox"/>
<b>Weight (kg):</b>	<65 <input type="checkbox"/>
	65-89 <input type="checkbox"/>
	≥90 <input type="checkbox"/>
<b>Cardiac:</b>	
Pulse pressure pre ECMO ≤20 mmHg ⓘ	<input type="checkbox"/>
Diastolic BP pre ECMO ≥40 mmHg ⓘ	<input type="checkbox"/>
Pre-ECMO cardiac arrest	<input type="checkbox"/>
<b>Respiratory:</b>	
Peak inspiratory pressure ≤20 cmH <sub>2</sub> O	<input type="checkbox"/>
Intubation duration pre ECMO (hrs)	≤10 <input type="checkbox"/>
	11-29 <input type="checkbox"/>
	≥30 <input type="checkbox"/>
<b>Renal:</b>	
Acute renal failure ⓘ	<input type="checkbox"/>
Chronic renal failure ⓘ	<input type="checkbox"/>
HCO <sub>3</sub> pre ECMO ≤15 mmol/L ⓘ	<input type="checkbox"/>
<b>Other organ failures pre ECMO:</b>	
Central nervous system dysfunction ⓘ	<input type="checkbox"/>
Liver failure ⓘ	<input type="checkbox"/>

# SAVE

Survival After Veno-arterial ECMO

The patient's SAVE Score is **-3**



*Area under AUC = 0.90 (95%CI 0.85-0.95)*

**THANK YOU  
FOR YOUR ATTENTION**

**EMAIL : [teerapat.yin@mahidol.ac.th](mailto:teerapat.yin@mahidol.ac.th)**

