

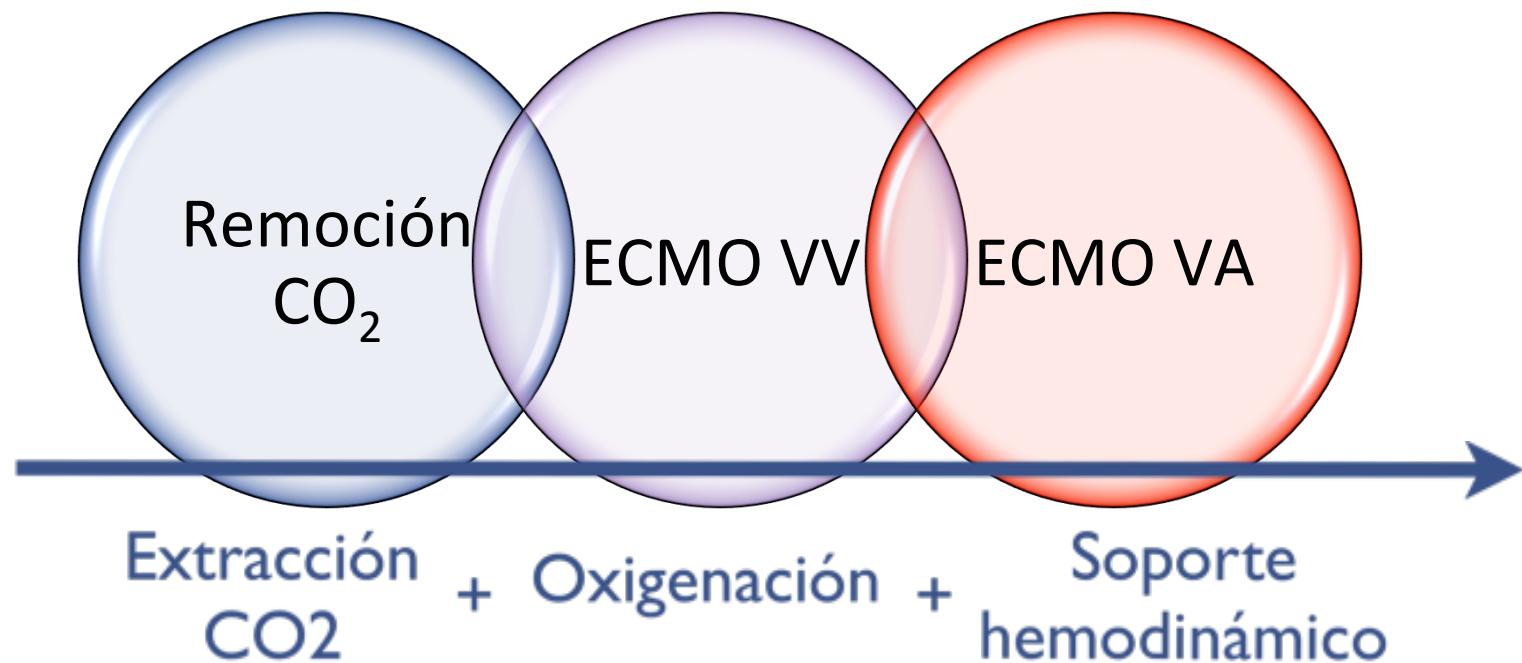


# Fisiología en ECMO VV

N. Van Sint Jan D. – [nvansintjan@clc.cl](mailto:nvansintjan@clc.cl)



# Soportes posibles



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Lo esencial

## Normalidad

- O<sub>2</sub> a la mitocondria
- Ventilación: CO<sub>2</sub>
- Oxigenación: O<sub>2</sub>
- Equilibrio entre:
  - DO<sub>2</sub>
  - VO<sub>2</sub>

## Patología

- Alteración DO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>

Manipular  
variables



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# FISIOLOGÍA

O<sub>2</sub>

VO<sub>2</sub>

DO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

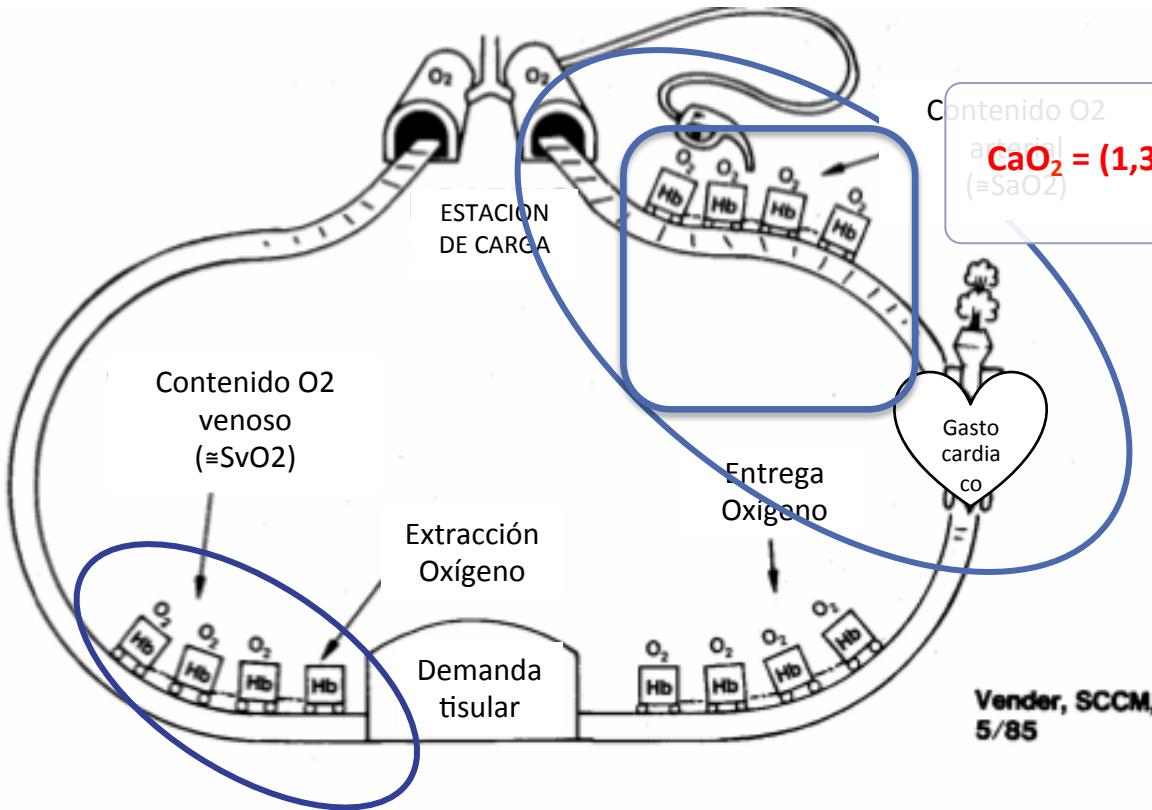
GASTO CARDIACO



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International



Contenido O<sub>2</sub>

arterial  
( $\approx$  SaO<sub>2</sub>)

$$CaO_2 = (1,34 \times Hb \times SaO_2) + (0,0031 \times PaO_2)$$

Gasto cardíaco

$$DO_2 = GC \times CaO_2 \times 10$$

600 ml/min/m<sup>2</sup>

Vender, SCCM,  
5/85

$$CvO_2 = (1,34 \times Hb \times SvO_2) + (0,0031 \times PvO_2)$$

$$VO_2 = GC \times (CaO_2 - CvO_2) \times 10$$

120 ml/min/m<sup>2</sup>

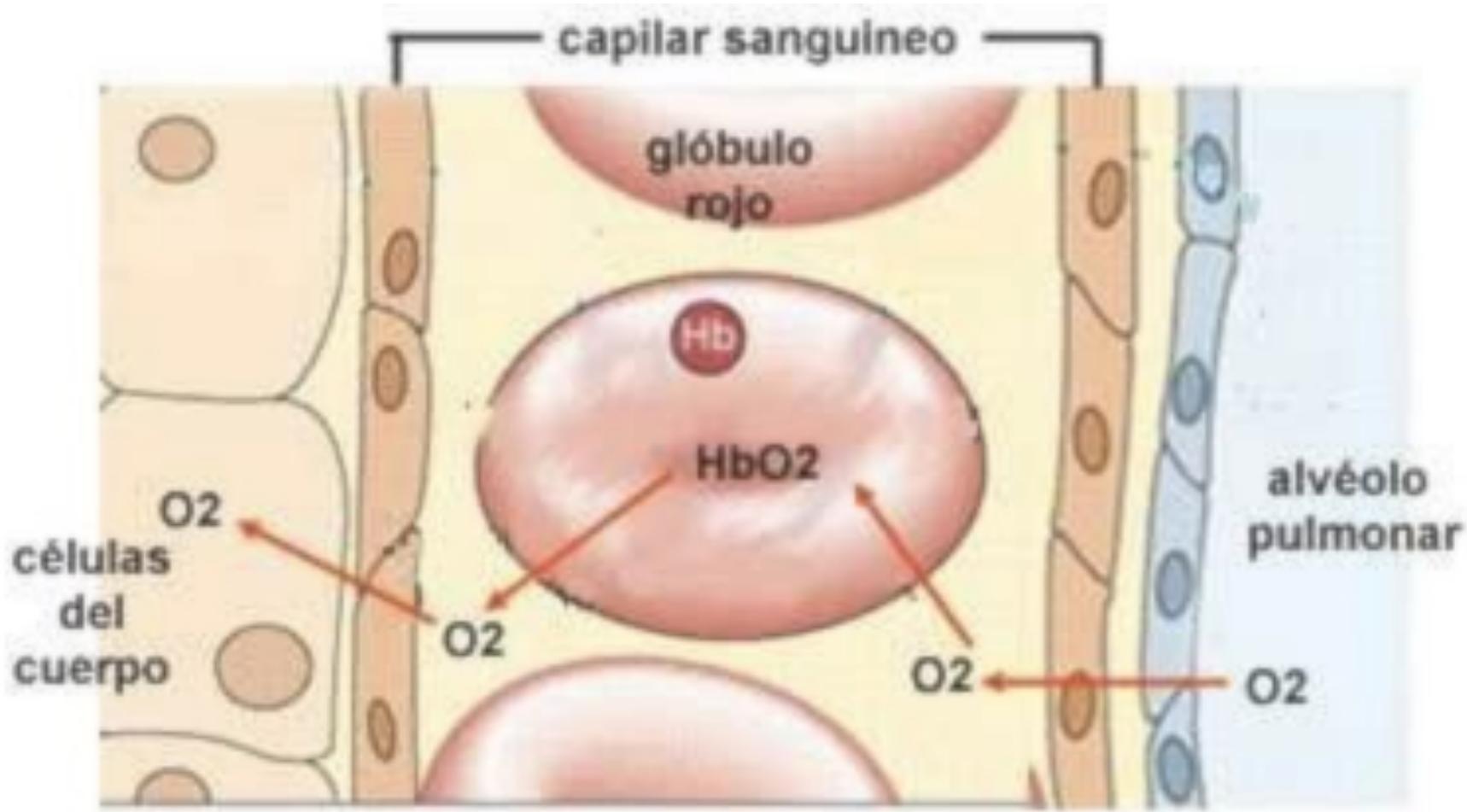


Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Intercambio Gaseoso

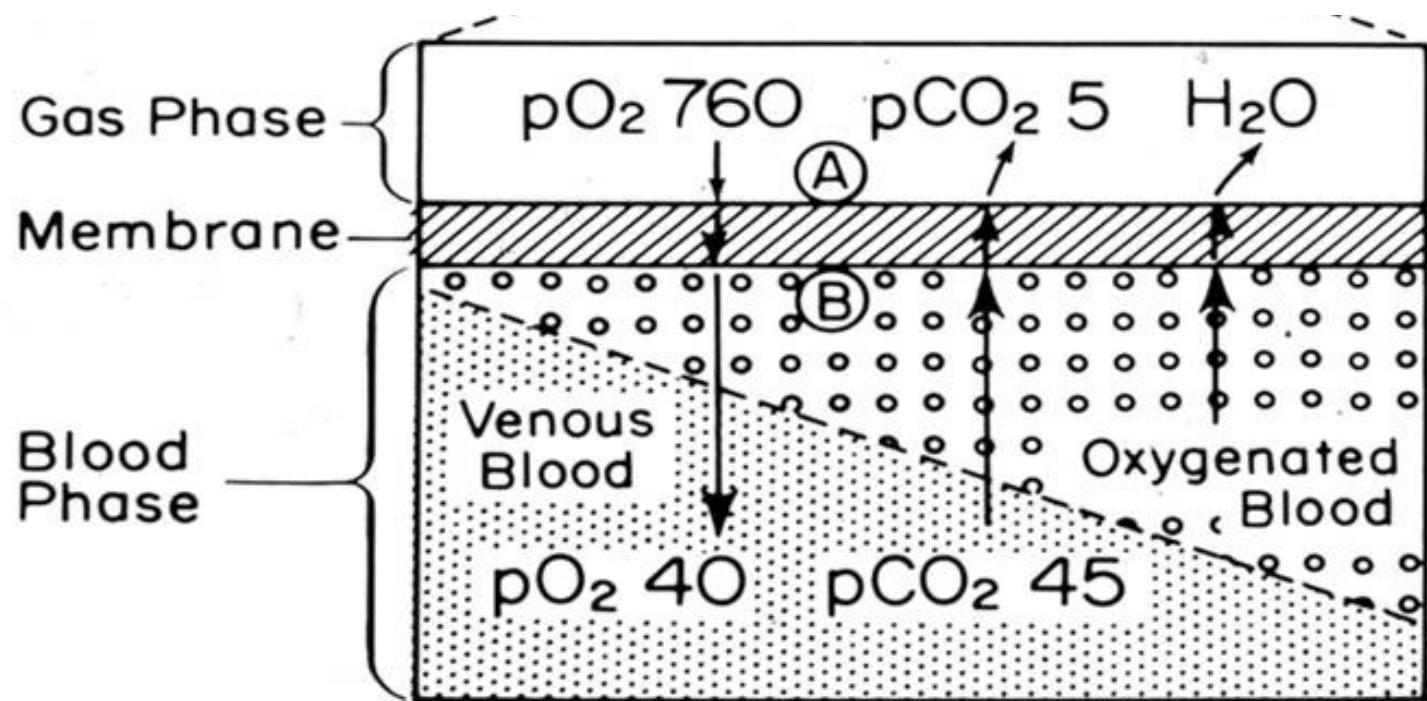


Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Intercambio Gaseoso



**Membrane Oxygenators: Gas Transfer**



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Oxígeno

- Disuelto y unido a la hemoglobina
  - Oxihemoglobina (%): saturometría
  - pº parcial de O<sub>2</sub> disuelto (mmHg): GSA
  - Contenido total: mL O<sub>2</sub>/mL sangre
    - CaO<sub>2</sub> normal: 18 ml/dl (180 ml/l)

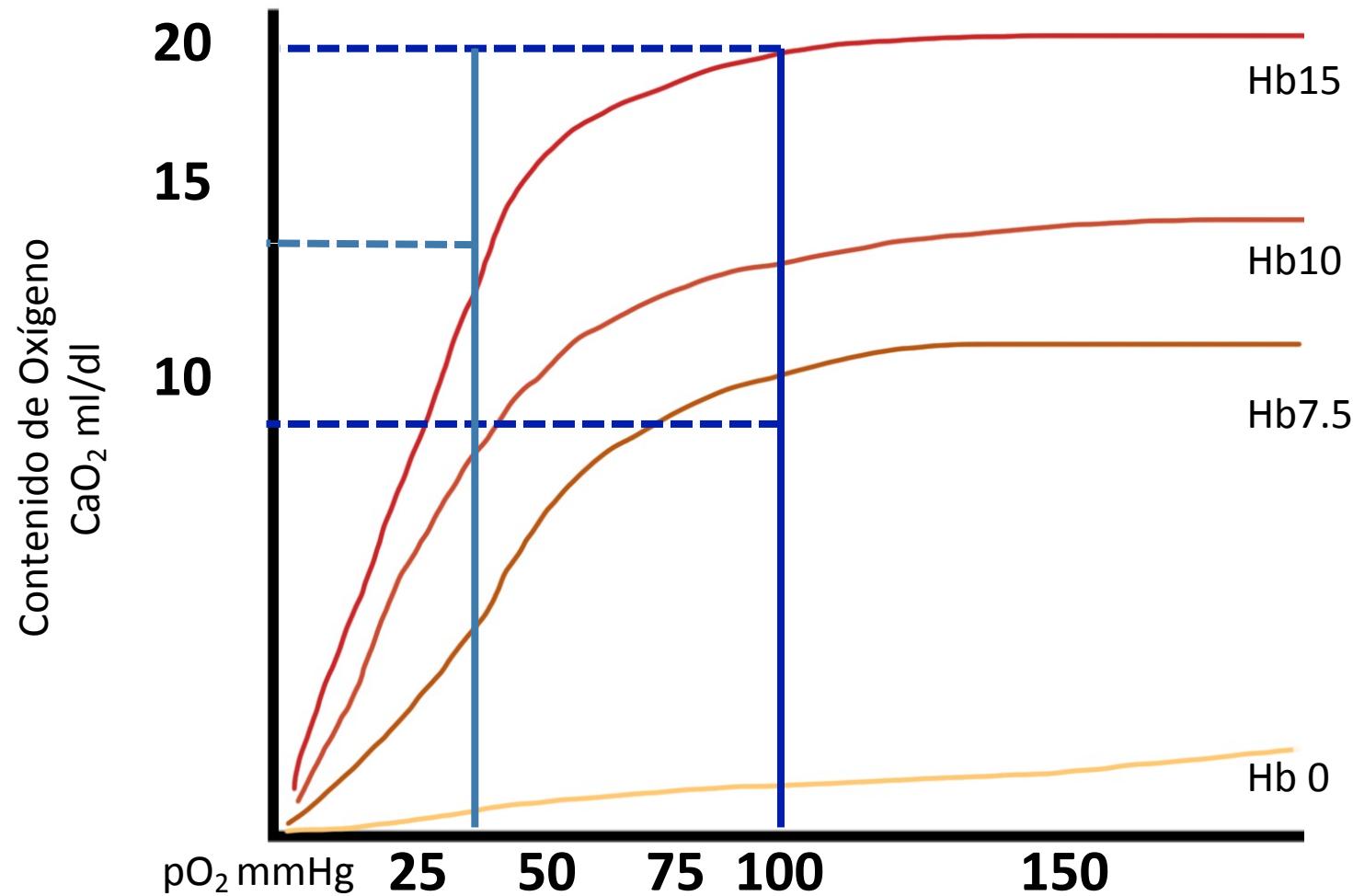
$$C_o_2 = Hb \cdot SO_2 \cdot 1.34 + PO_2 \cdot 0.003$$



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International



Sat %

**50**

**75**

**90**

**99**

**100**



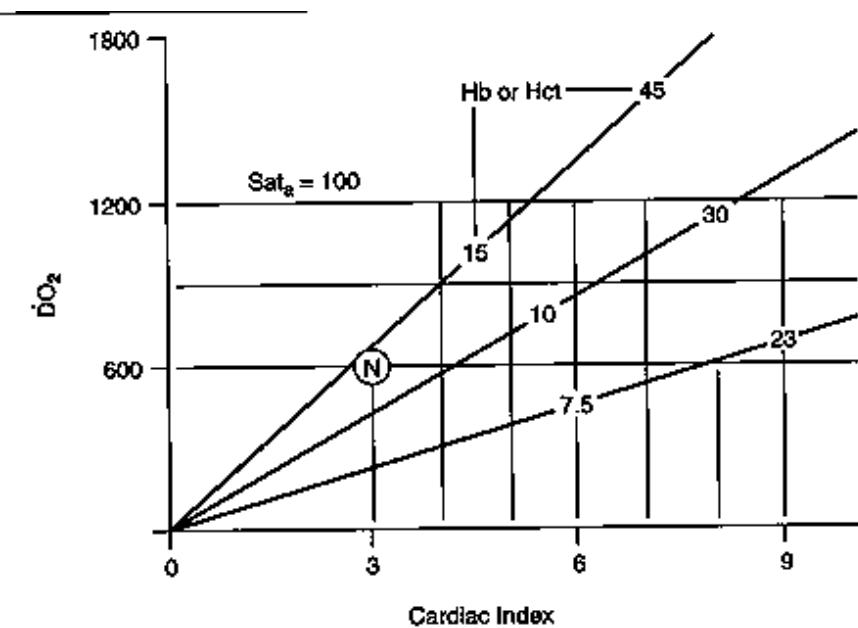
Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# $DO_2$

- Determinado por:
  - Gasto cardiaco
  - Concentración de Hb
  - Saturación de Hb
  - Oxígeno disuelto



$$DO_2 = CaO_2 \times GC$$

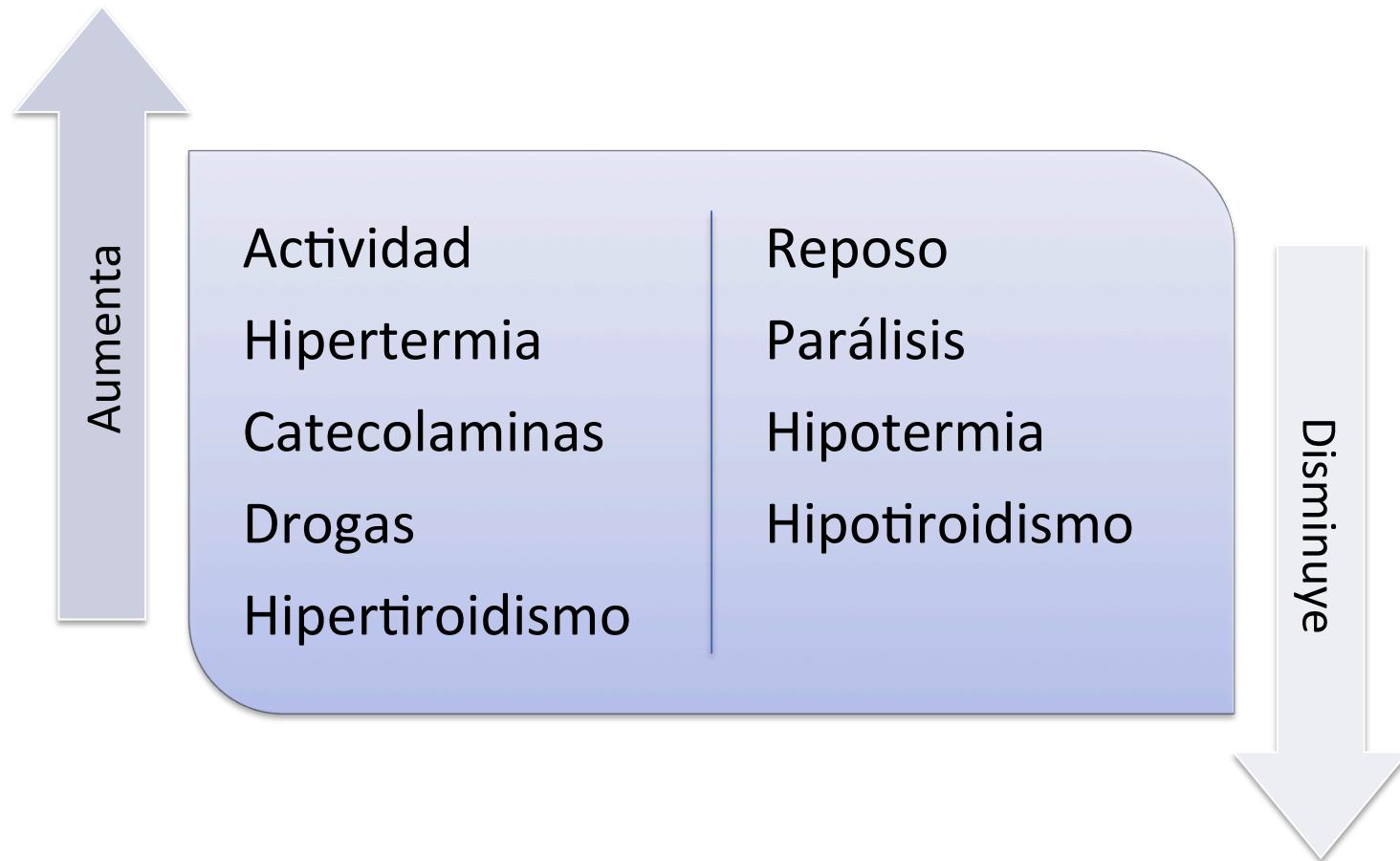


Acreditada por  
 Joint Commission  
 International



Afiliada a  
 Johns Hopkins Medicine  
 International

# VO<sub>2</sub> o tasa metabólica



# VO<sub>2</sub> o tasa metabólica

- Normal:

- Adulto 120cc/min/m<sup>2</sup> (3-5cc/Kg/min)
- Niños 4-6cc/Kg/min
- Recién nacidos 5-8cc/Kg/min

$$\text{VO}_2 = \text{GC} \times (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2) \times 10$$

**EJERCICIO EXTREMO X5**



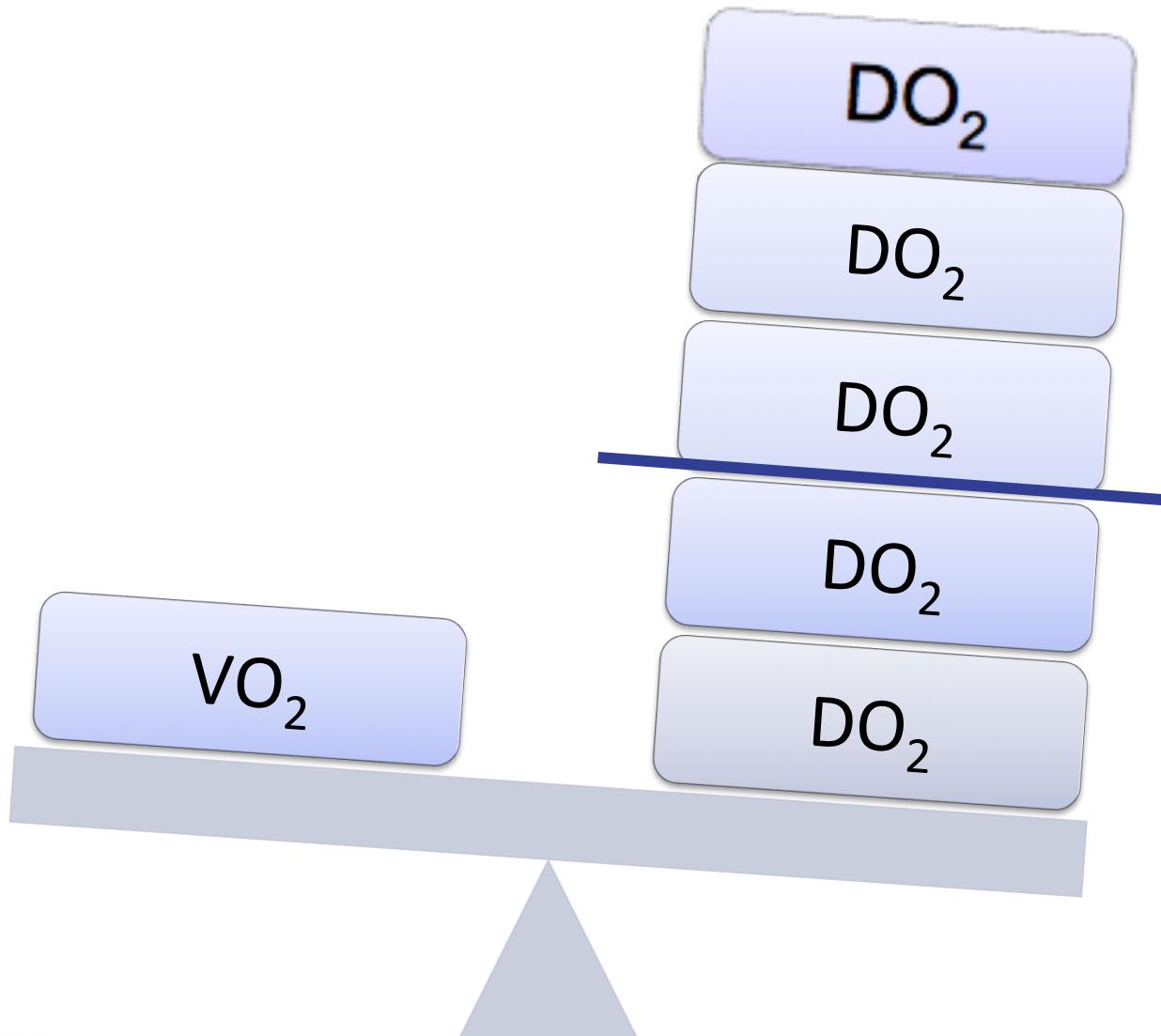
Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

Consumo

Entrega

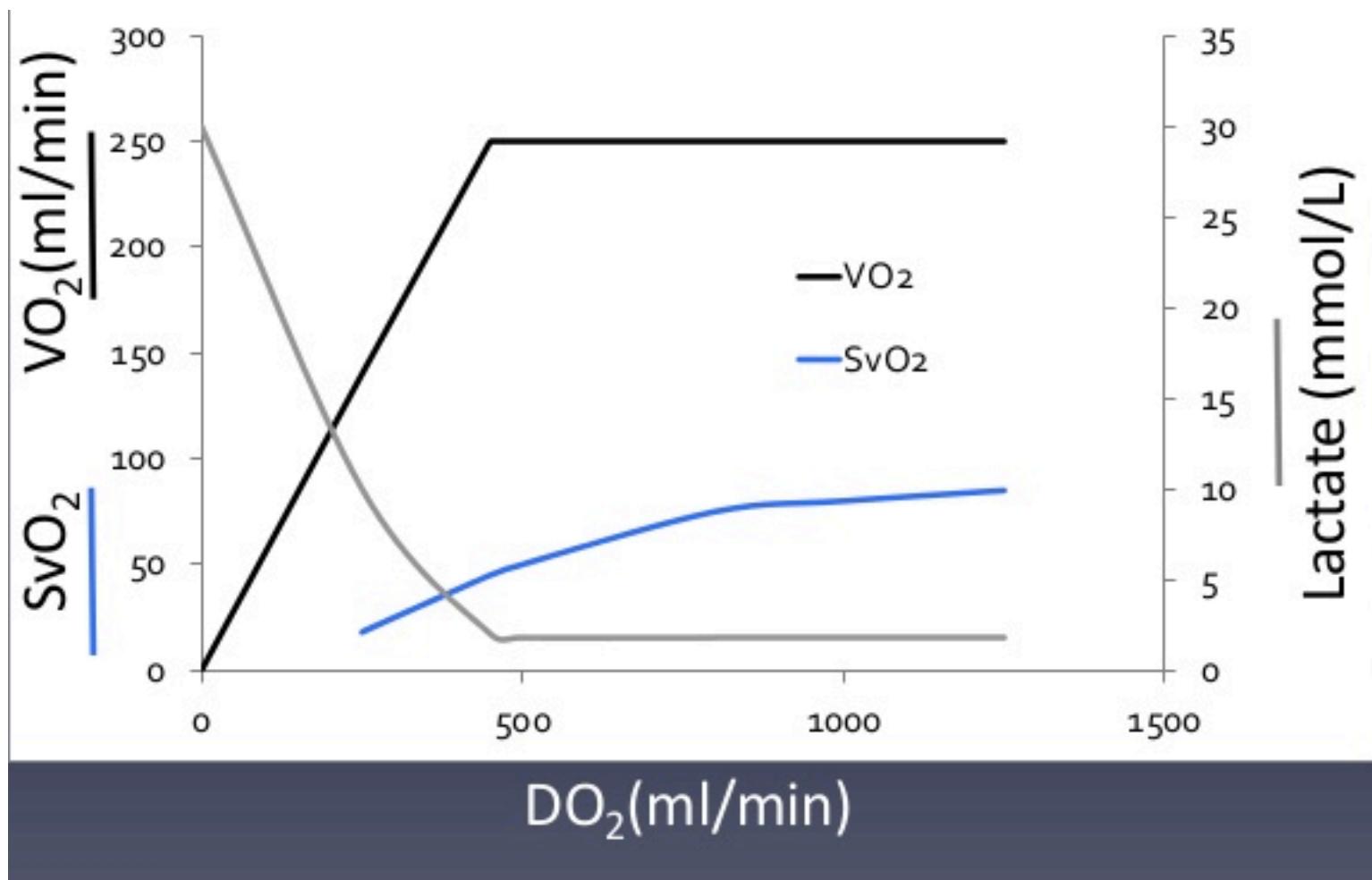


Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

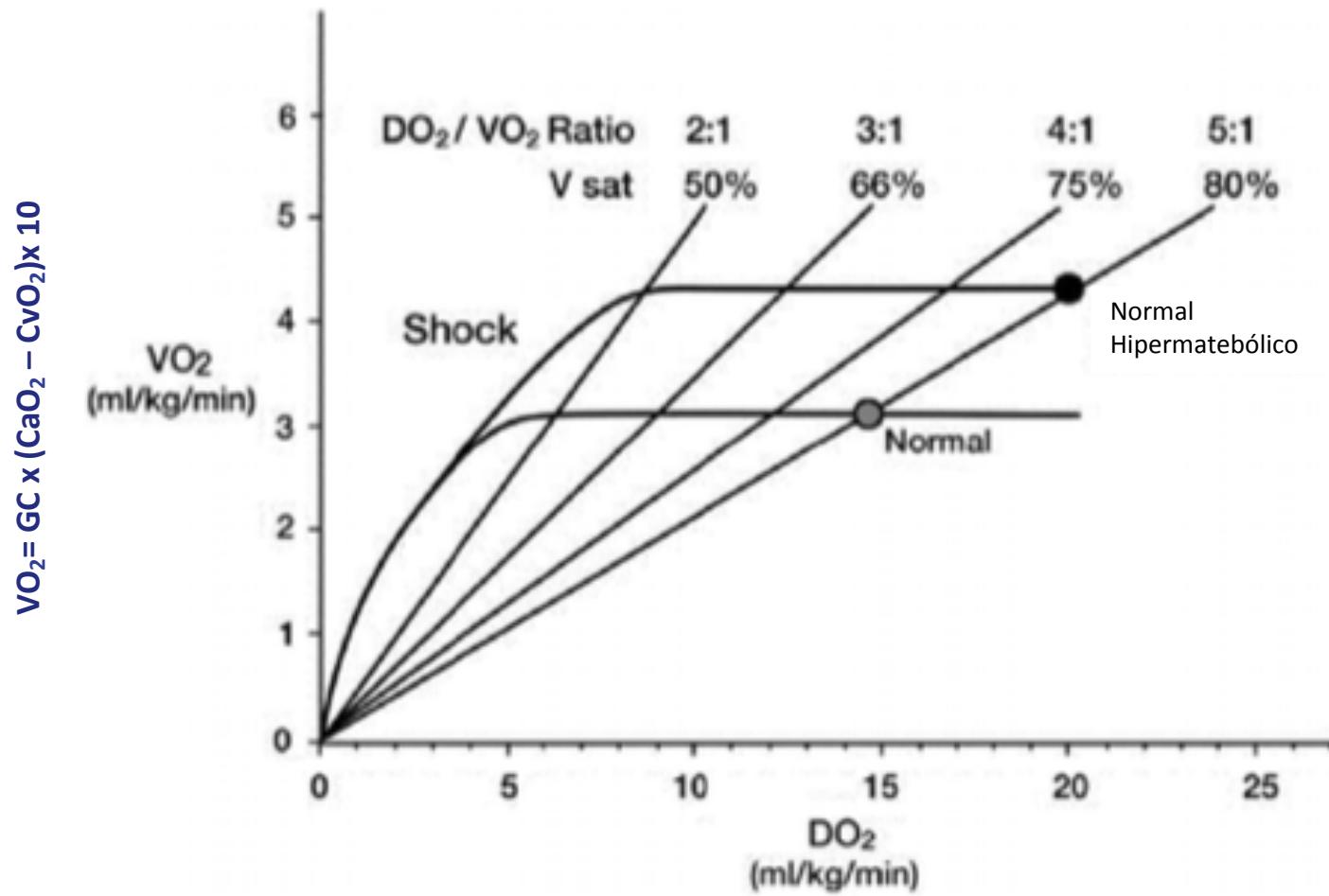
# Relación $\text{VO}_2/\text{DO}_2$



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

Robert H., Bartlett, MD. Physiology of Gas Exchange during ECMO for Respiratory Failure. J Intensive Care Med. 2016 Apr 3.

# CO<sub>2</sub>

- Producción de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>)  $\approx$  VO<sub>2</sub>
  - Cuociente respiratorio (0,7-0,8)
- Eliminación de CO<sub>2</sub>:
  - No se afecta por Hb o GC
  - MUY afectada por Ventilación minuto
    - Intercambio mucho más eficiente que O<sub>2</sub> (gas más difusible)



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# FisiOPATOLOGÍA

- Existe reserva funcional ( $\text{DO}_2 > \text{VO}_2$ )
  - Mínimo indispensable: x2 - ideal: x5
- Indicación de Soporte extracorpóreo:

Cuando mantener esta relación es imposible con soporte habitual o cuando el tratamiento está contribuyendo a la falla





Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

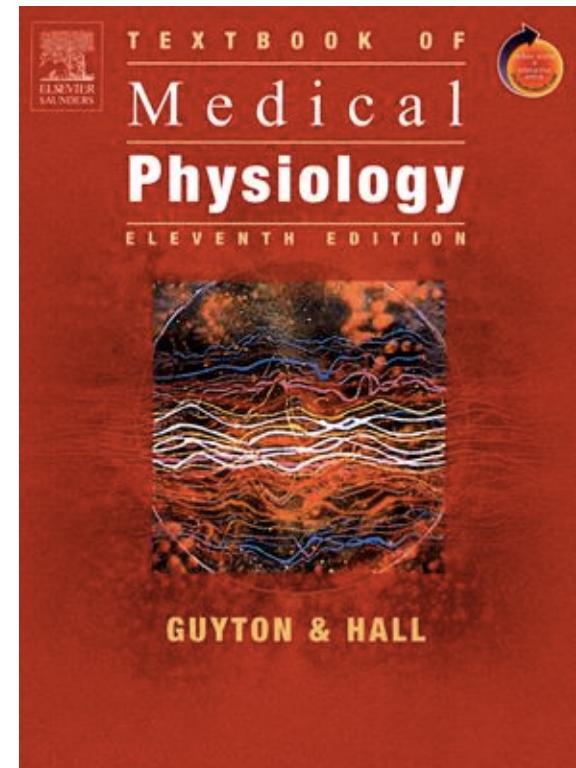
# PATOLOGÍA: ECMO



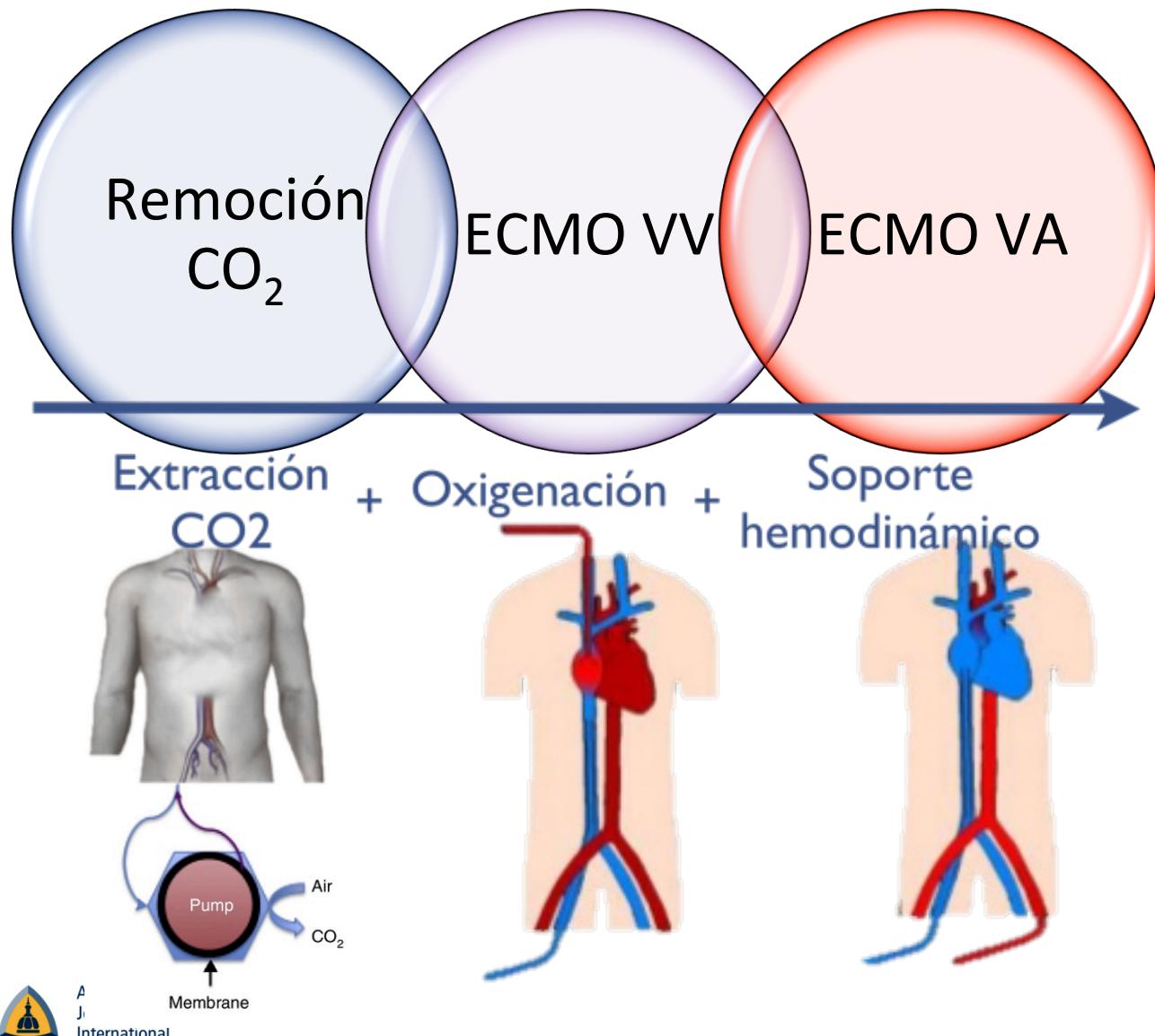
Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International



# Soportes posibles



Acreditada por  
Joint Commission  
International



A  
JI  
International

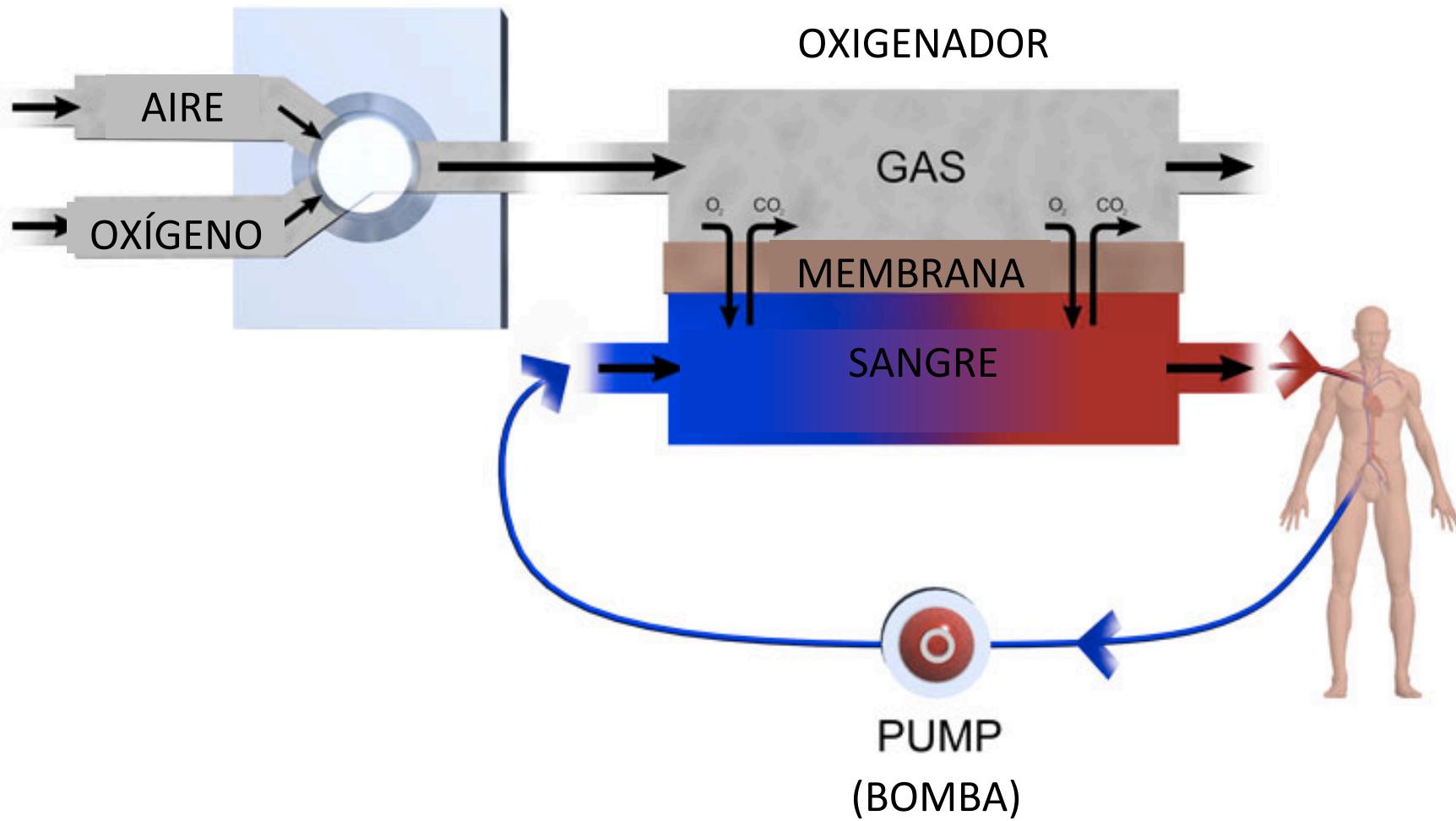


Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

## (MEZCLADOR) BLENDER



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Equivalencias

## Pte sin ECMO

Pulmón

Alvéolo

Flujo al pulmón

Ventilación Alveolar

GSA – Ventr Izq

GSVc – Au Der

CaO<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub>, Hb

## Pte en ECMO

Oxigenador

Membrana

Flujo a la Mb (RPM y flujo)

Gases Frescos

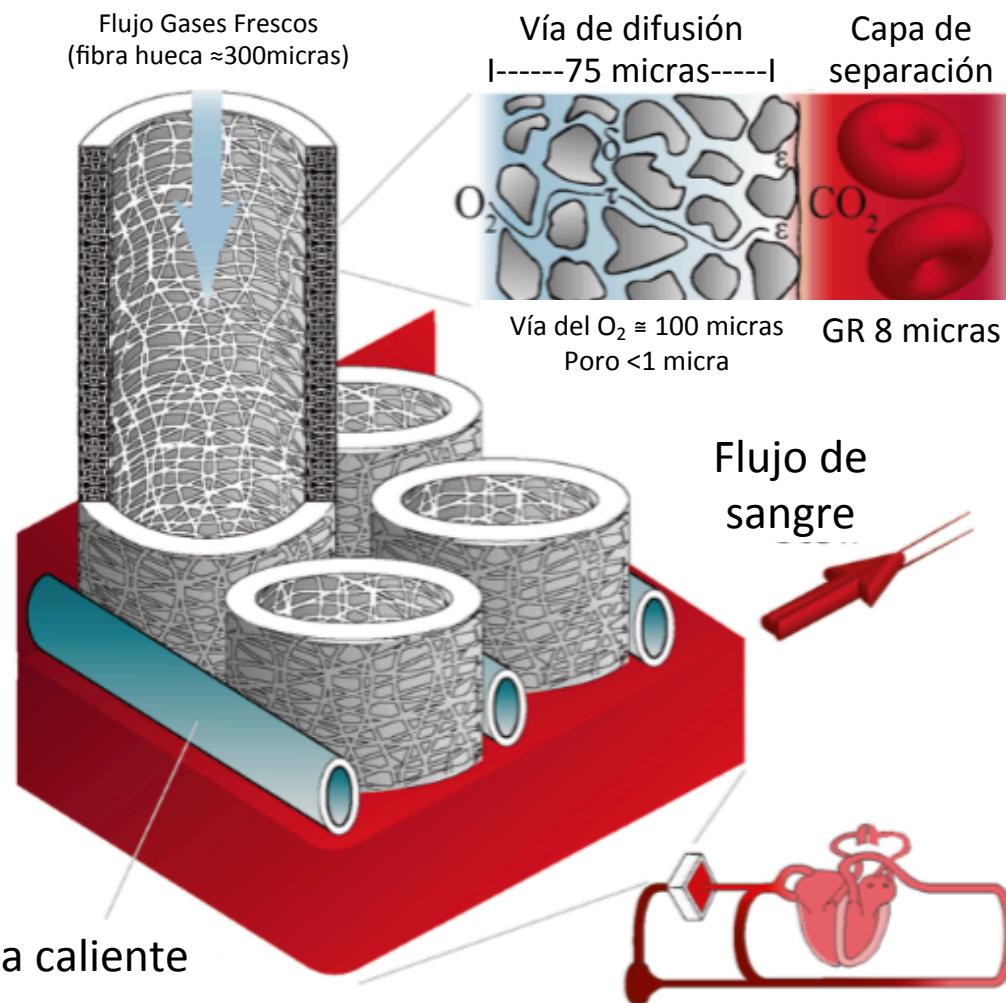
GSA – Ventr Izq + ECMO

GSVc – AD + Recirc ECMO

CaO<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub>, Hb



# Membrana ≈ Alvéolo



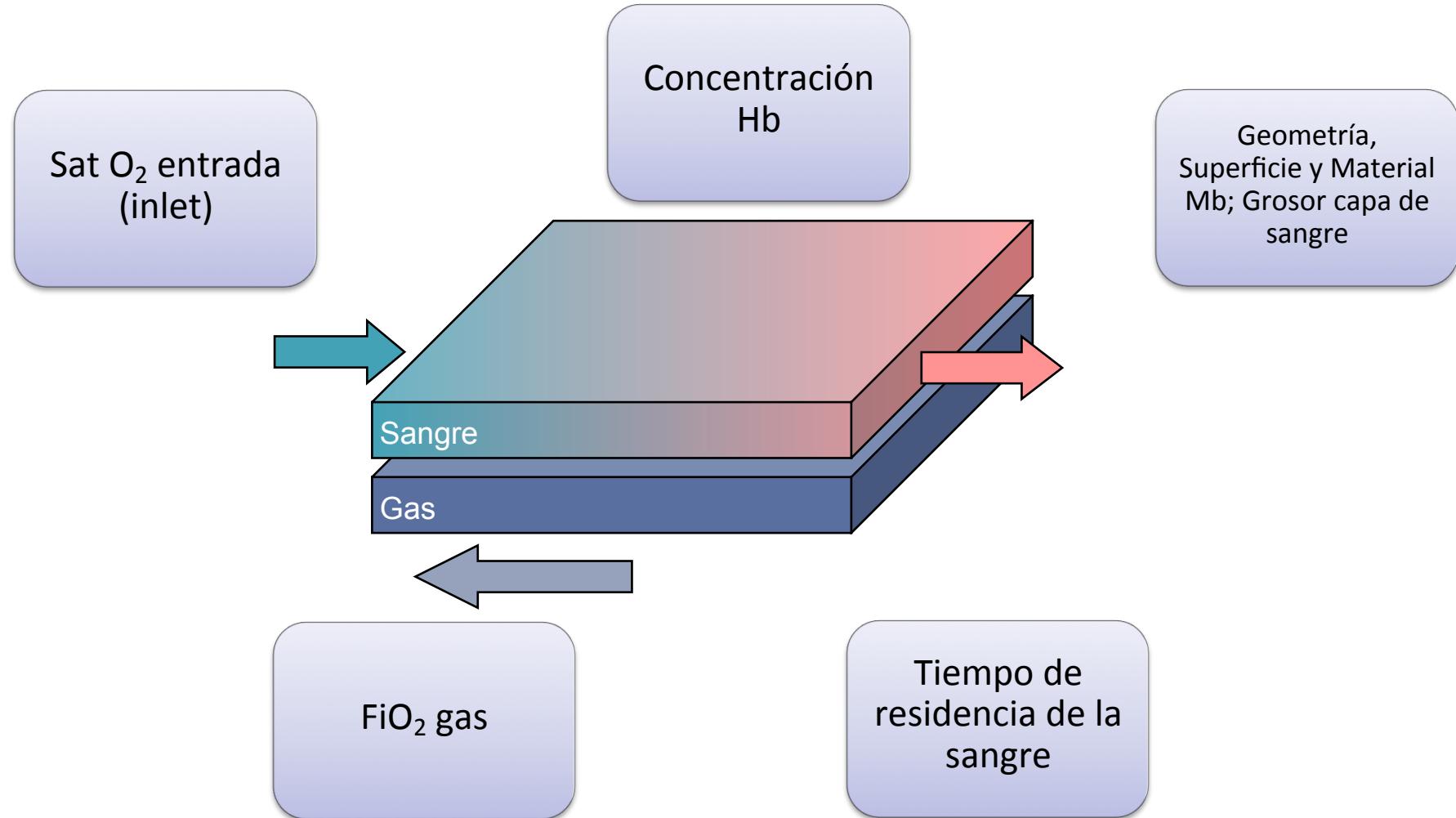
Acreditada por  
Joint Commission  
International



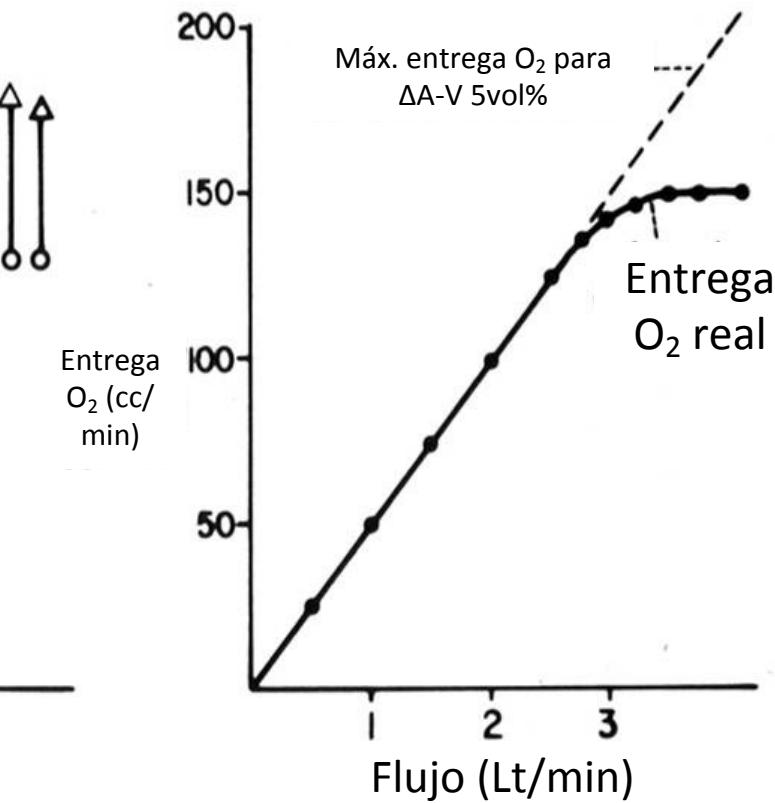
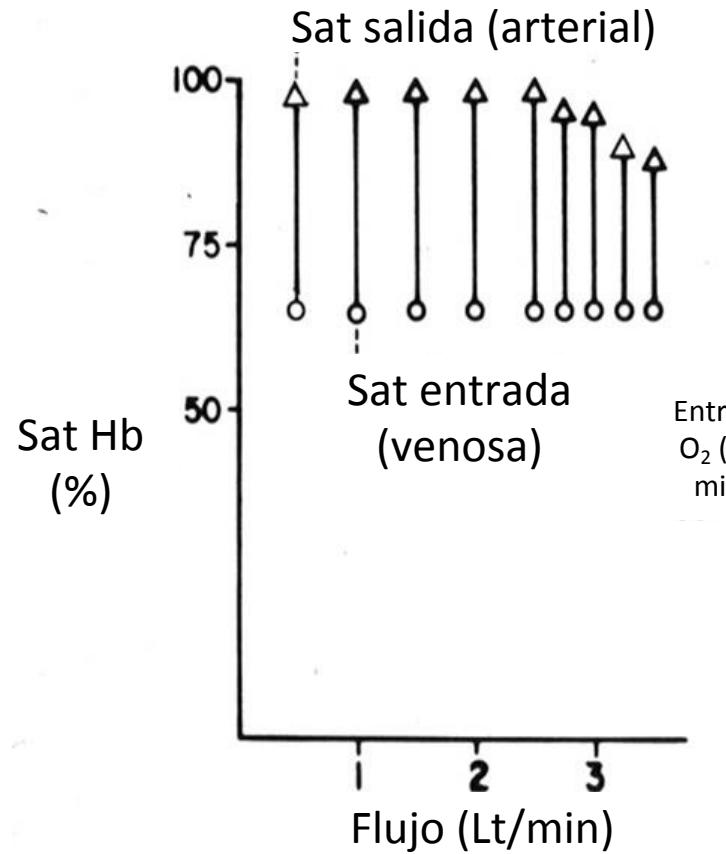
Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

Adapt: Extracorporeal Life Support for Adults – G: Schmidt, Springer; 2016

# Determinantes Difusión O<sub>2</sub>



# Rated Flow



Rated Flow: 3 Lt/min



Acreditada por  
Joint Commission  
International

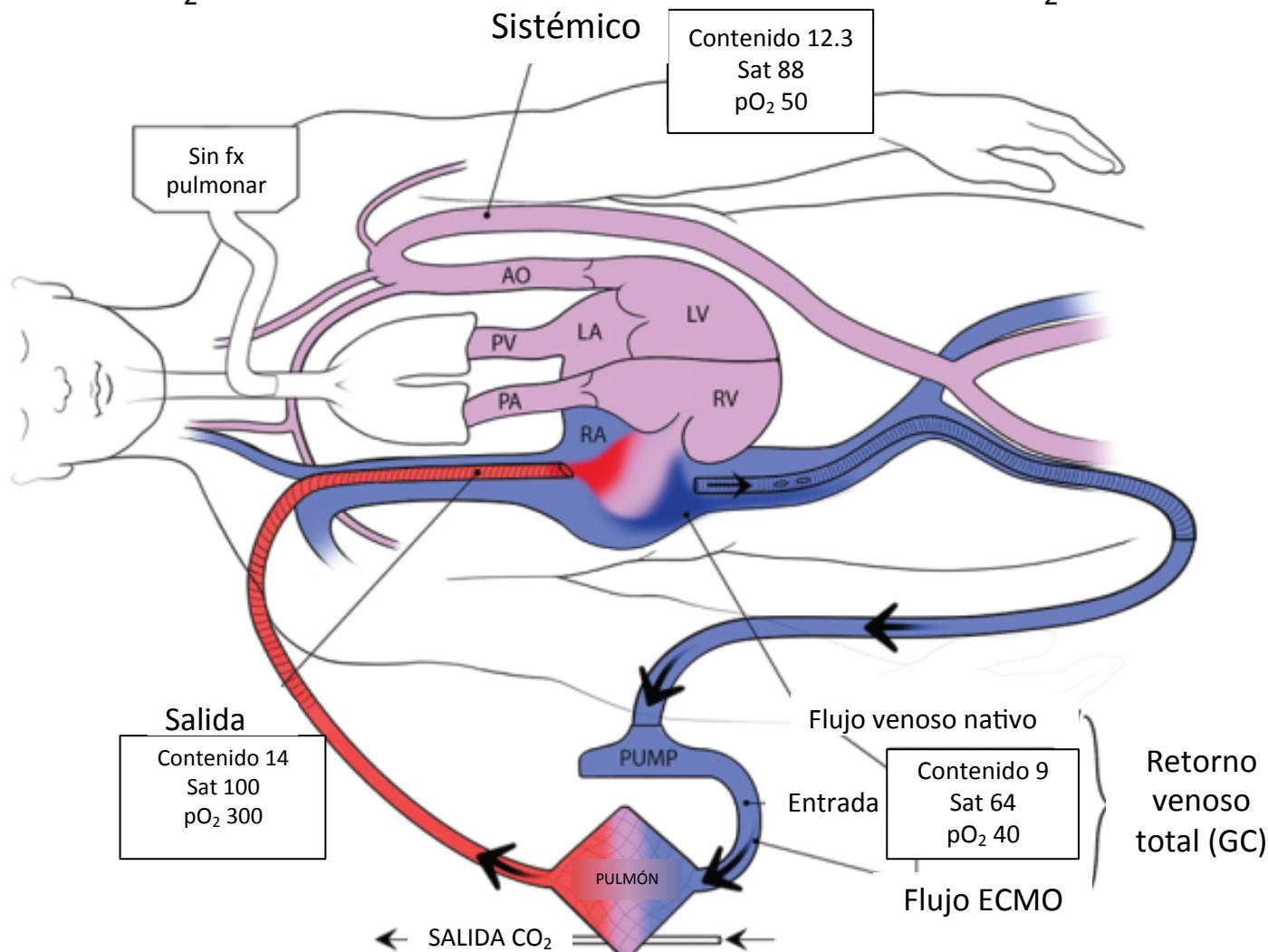


Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

## RECIRCULACION

$\text{--O}_2\text{-FLUJO ECMO} + \text{O}_2\text{-FLUJO VENOSO NATIVO} = \text{DO}_2$

Sistémico

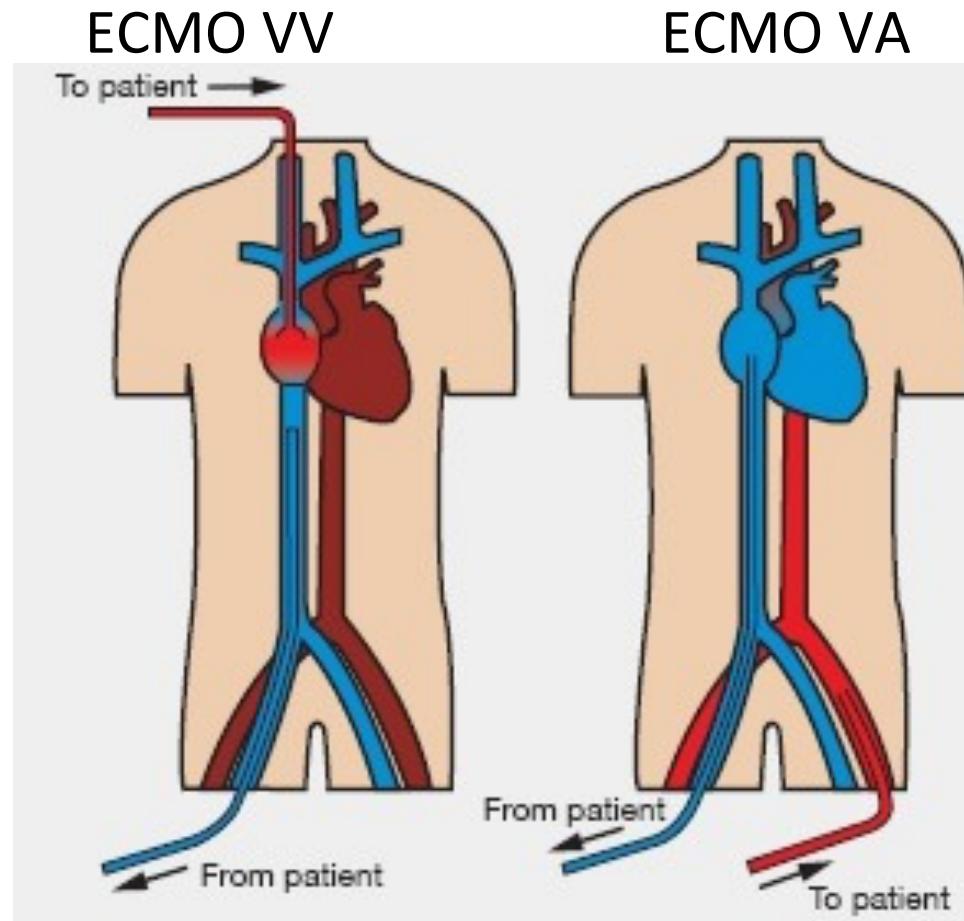


Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Toma de Gases Venosos Centrales



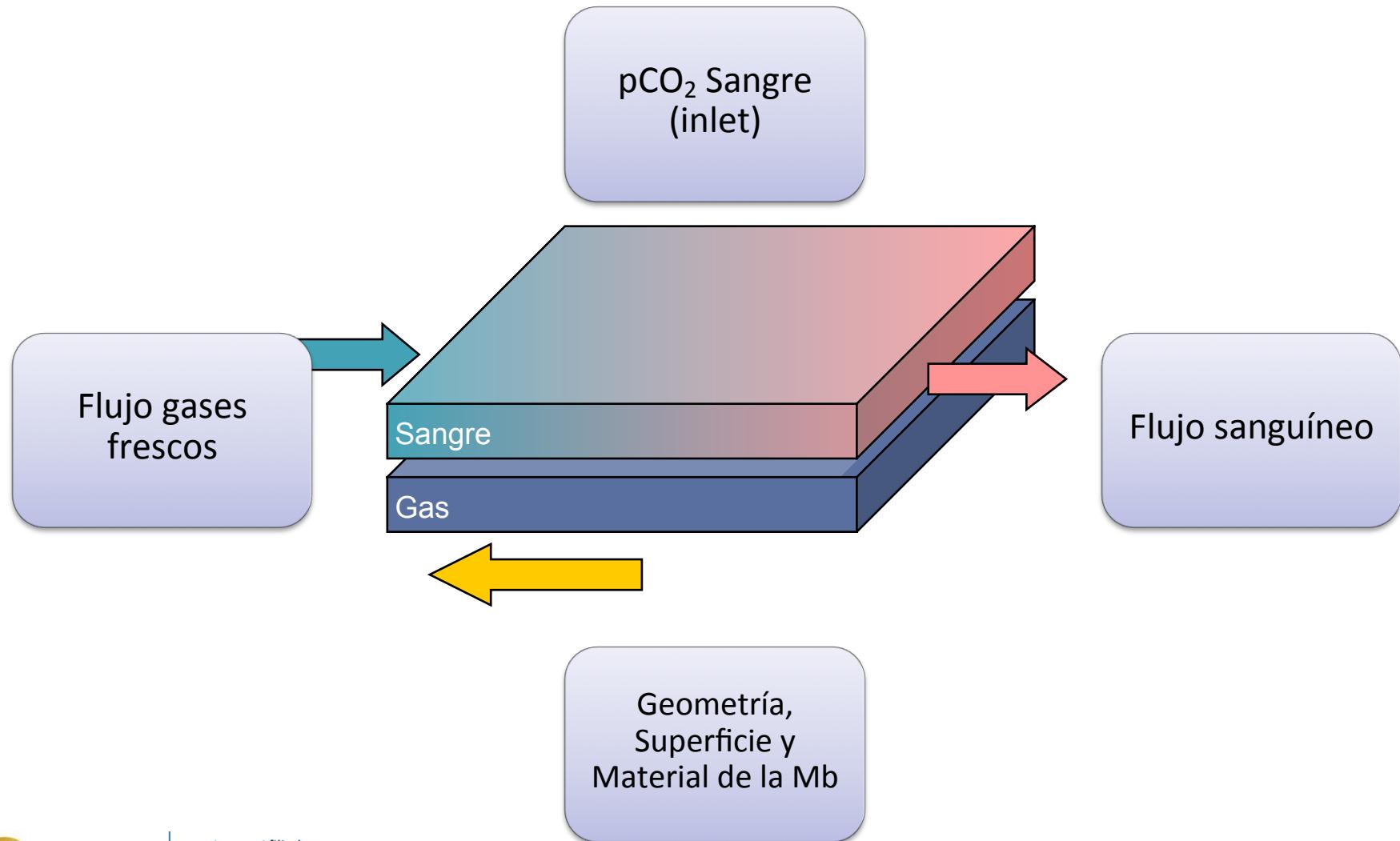
Acreditada por  
Joint Commission  
International

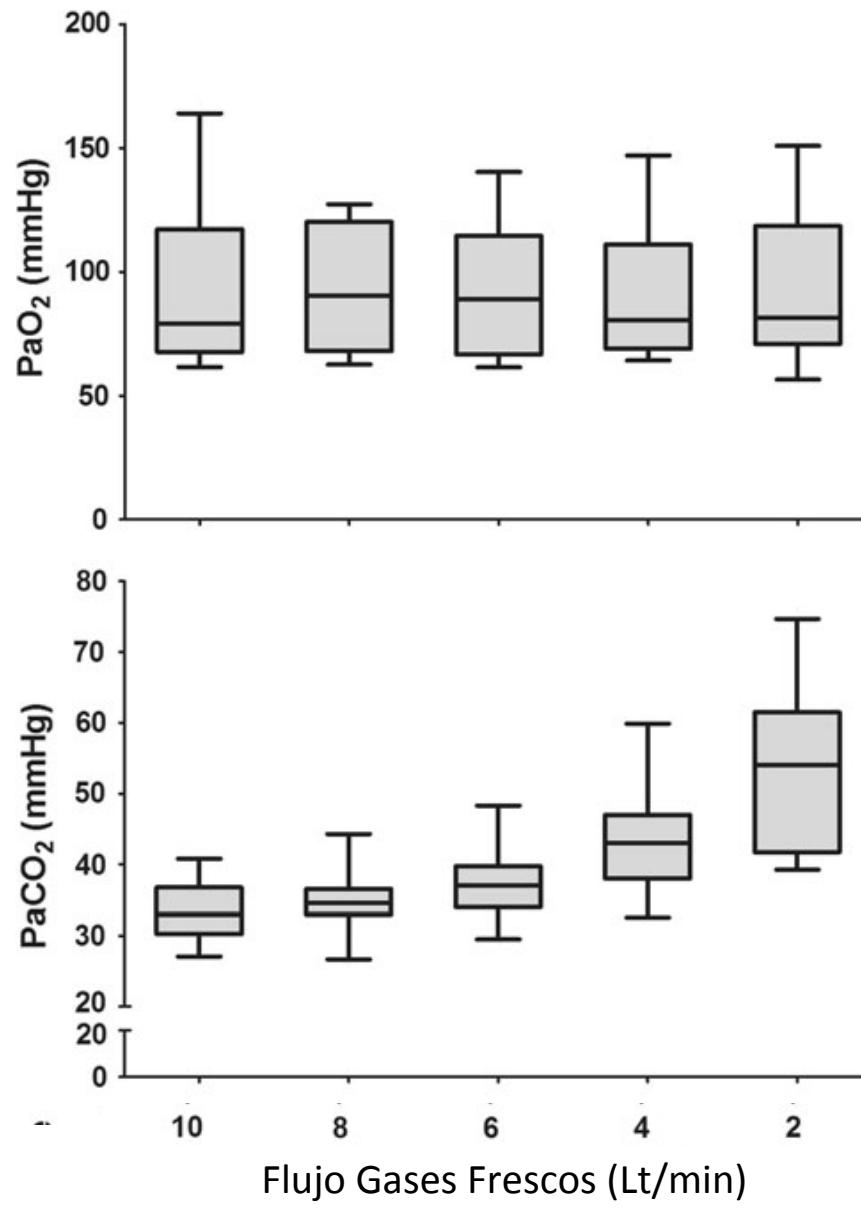


Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

Gaffney AM, Wildshirt SM, Anniche GM, Randomski MW. Extracorporeal life support. BMJ. 2010;341:982

# Determinantes difusión CO<sub>2</sub>





Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# CO<sub>2</sub>

- Remoción de CO<sub>2</sub> > entrega O<sub>2</sub>
- Flujo sanguíneo
  - Normocarbia:
    - 10–15 mL/kg/min
  - Oxigenación
    - 500-1500mL/min

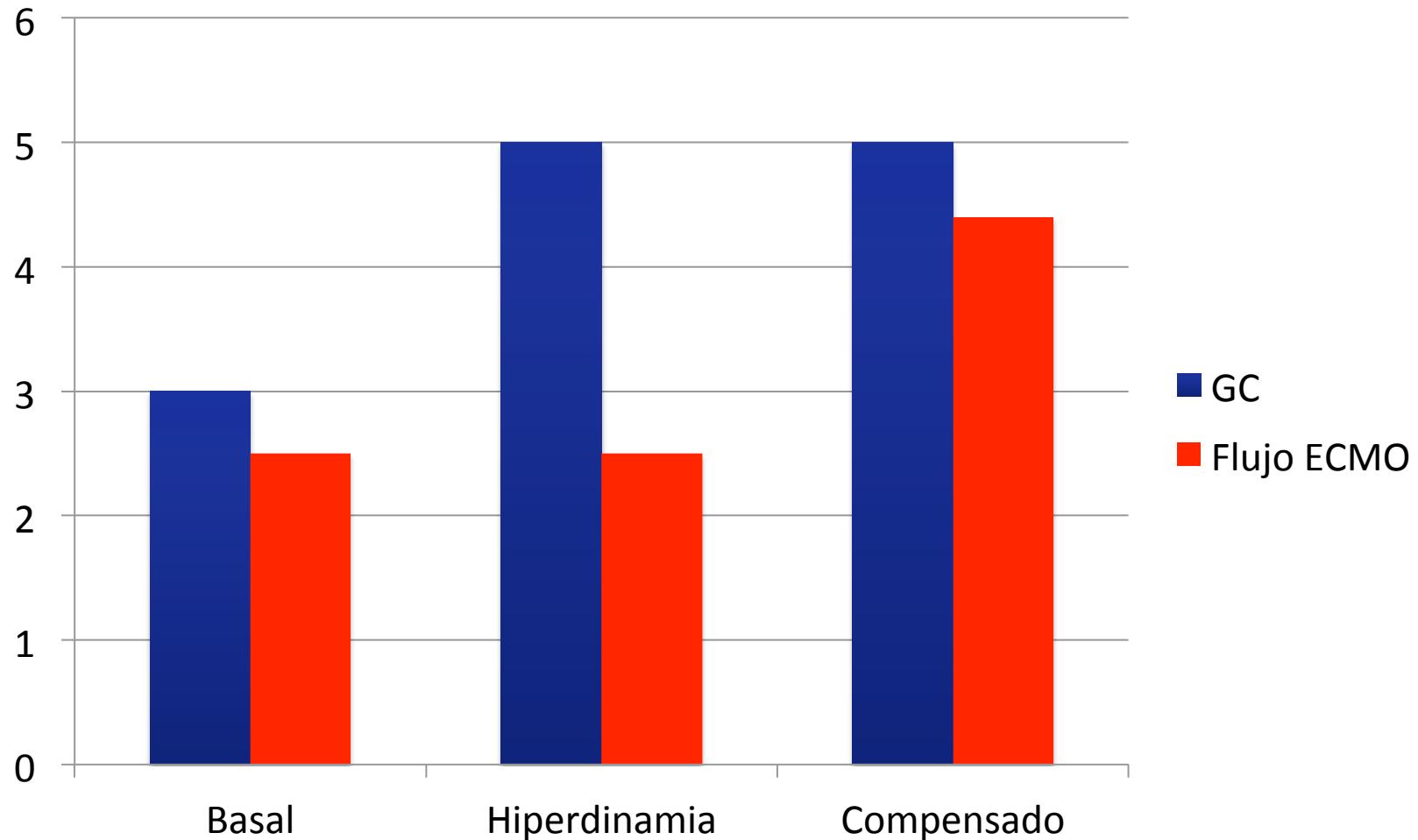


Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Gasto Cardíaco y ECMO VV



Acreditada por  
Joint Commission  
International

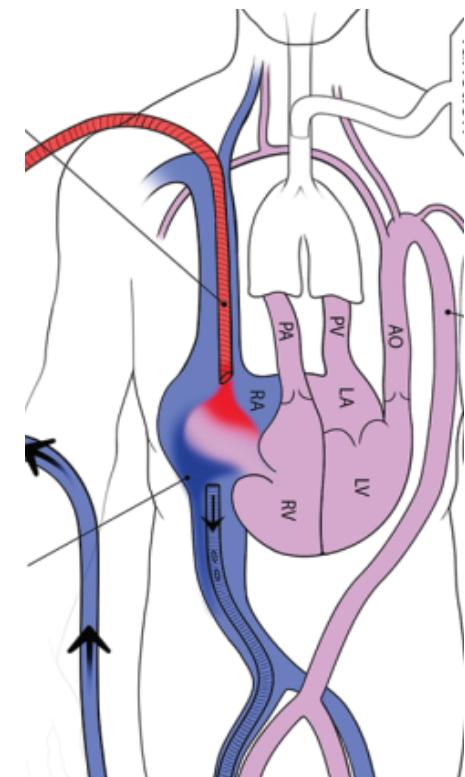


Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Presiones vasculares

AD – PVC – PAP

- **No** se modifican por tener un ECMO VV/Cánula
- Causa:
  - *Compliance* del circuito siempre es estable
  - *Compliance* del paciente estable\*
  - Flujo entrada y salida es idéntico



# Manipule la fisiología

| Variable                       | Control                              |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Tasa metabólica                | Temperatura del circ.                |
| Oxigenación sangre             | Hb, Sat inlet, flujo bomba           |
| Oxigenación tejido             | Hb, SatO <sub>2</sub> , flujo sangre |
| Ventilación (CO <sub>2</sub> ) | Gases frescos                        |
| % sangre a oxigenar            | Gasto Cardiaco vs Flujo bomba        |



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International

# Puntos Clave

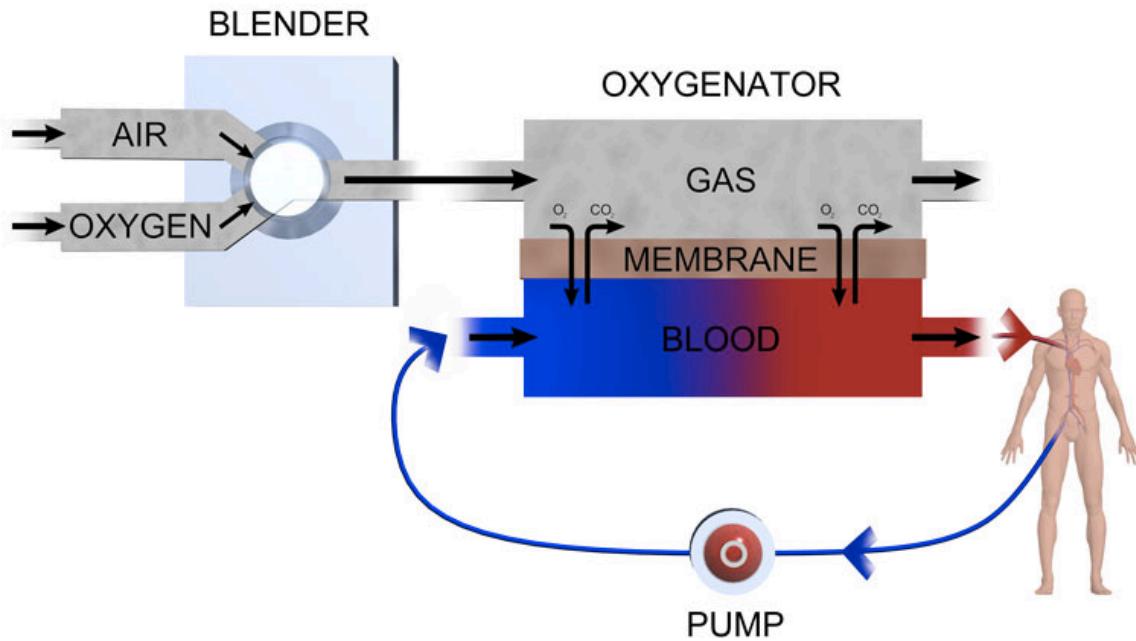
- Repose el pulmón
- Soporte, no tratamiento: TIEMPO
- Permite separar oxigenación de ventilación
- Recuerde fisiología y equivalencias
- Entrega de O<sub>2</sub>: DO<sub>2</sub> > VO<sub>2</sub>



Acreditada por  
Joint Commission  
International



Afiliada a  
Johns Hopkins Medicine  
International



|                                      | Corrección<br>Hipoxemia | Corrección<br>Hipercapnea |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| <b>Flujo ECMO</b>                    | 3-7 l/min               | 500-1500 ml/min           |
| <b>Flujo gases frescos</b>           | -                       | +++                       |
| <b>FiO<sub>2</sub> gases frescos</b> | ++                      | -                         |
| <b>Características membrana</b>      | +                       | +                         |
| <b>Oxigenación pulmón nativo</b>     | +                       | +                         |

