



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

Monitorización hemodinámica en Cirugía Cardíaca

Federico Aguar Olba

María Otero Pérez

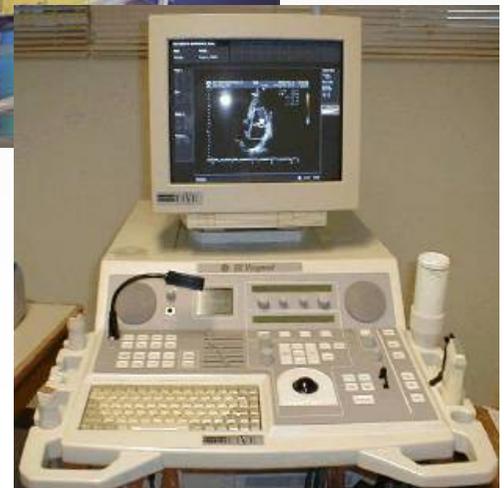
Servicio de Anestesia, Reanimación y Tratamiento del Dolor
Consorcio Hospital General Universitario Valencia

Sesión de formación continuada

Enero 2009, Valencia

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

Monitorización en Cirugía Cardíaca



Monitorización en Cirugía Cardíaca

Básica

Siempre

SpO₂ PVC

ECG Diuresis

EtCO₂ BIS

PAI SRO₂

Media

Sin bomba con buena FE

Vigileo

Mucha patología asociada

LIDCO rápid

NICO

Avanzada

Mala FE

Swan-Ganz

Tiempo de bomba largo

PICCO

Cirugía Aorta Torácica

LIDCO plus

Doble procedimiento

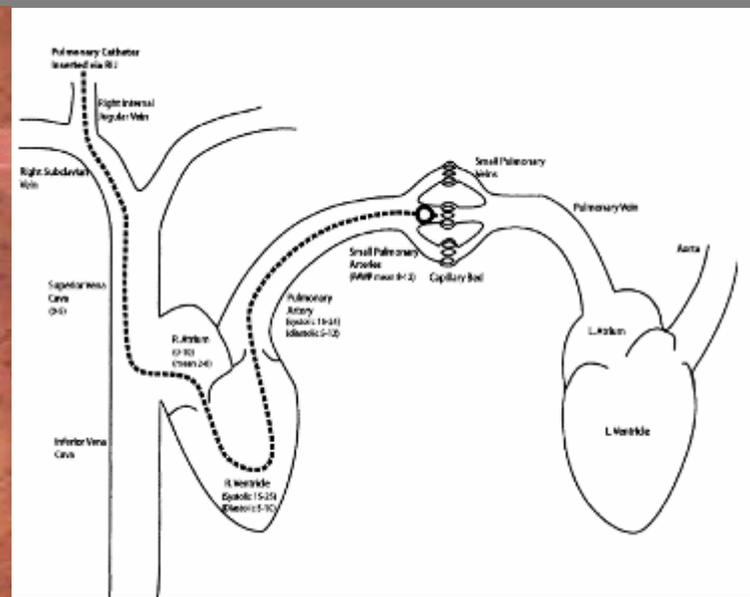
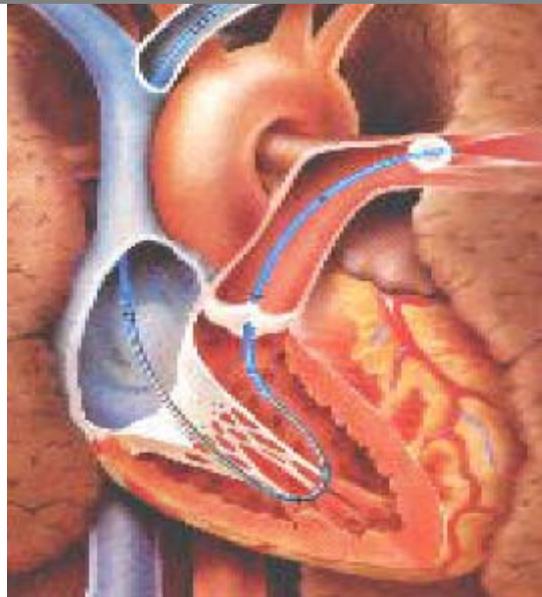
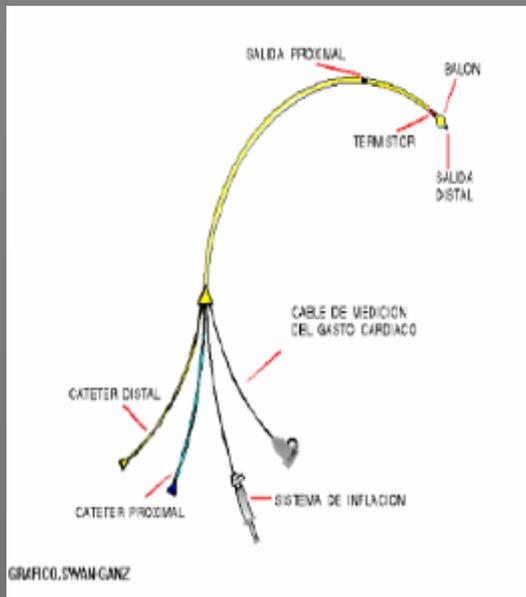
Flexible

+/- ECOTE



SWAN GANZ

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09



Catéter poliuretano 110cm

Conexiones

Stmas de transducción

Monitor

Luces

Balón de látex

Fibra óptica SvO2

Resistencia eléctrica

Termistor a 4cm del extremo

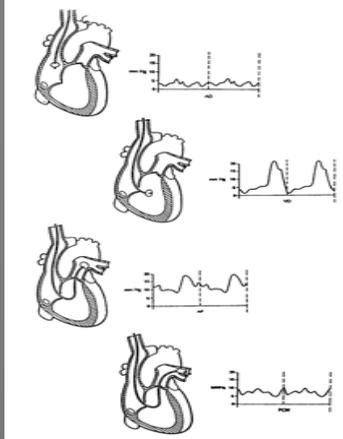
DISTAL

PROXIMAL

inflar/desinflar balón

Extra

Termodilución



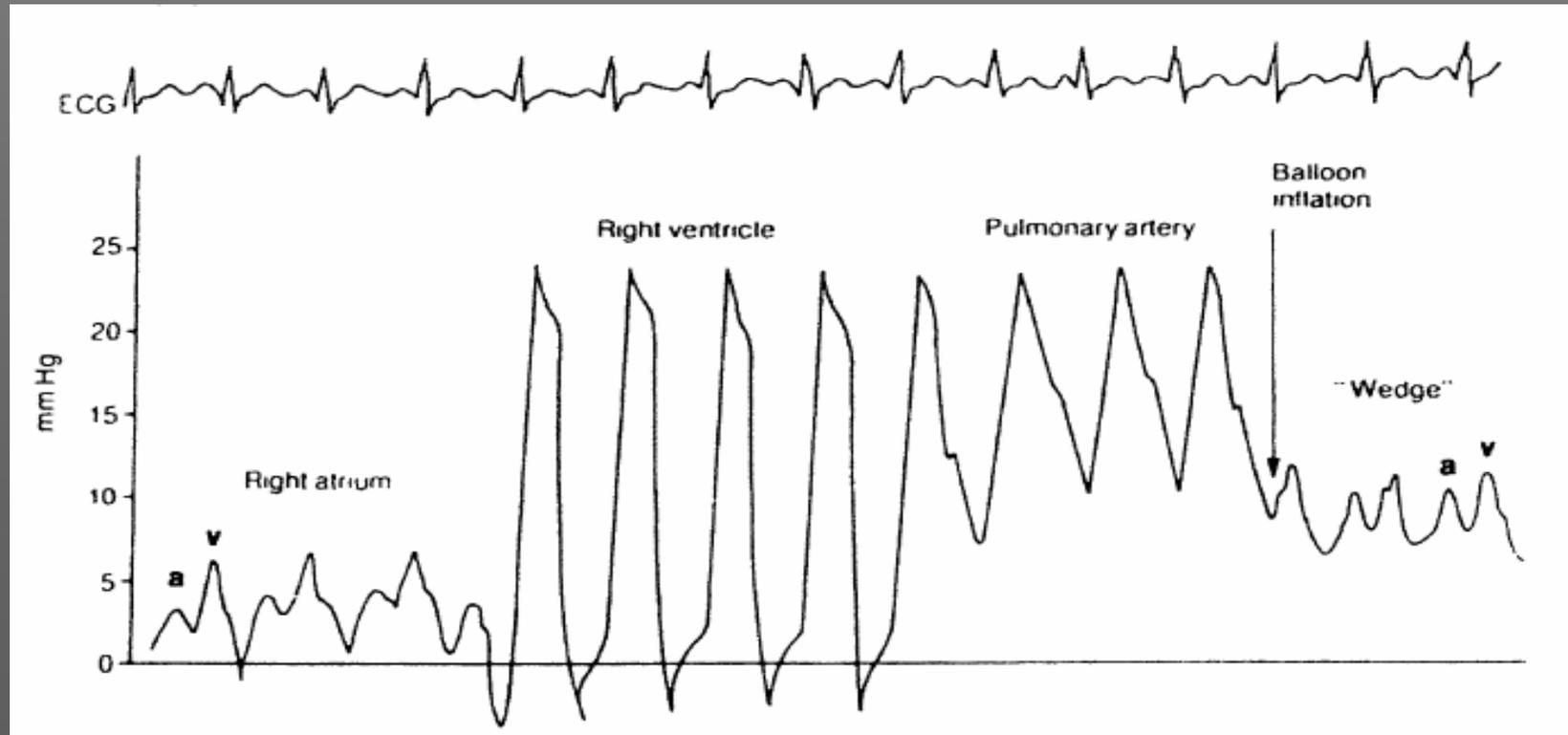
Monitorización ECG continua

Asepsia

Yugular dcha o subclavia izq

Introducir 15cm

Avanzar con balón hinchado

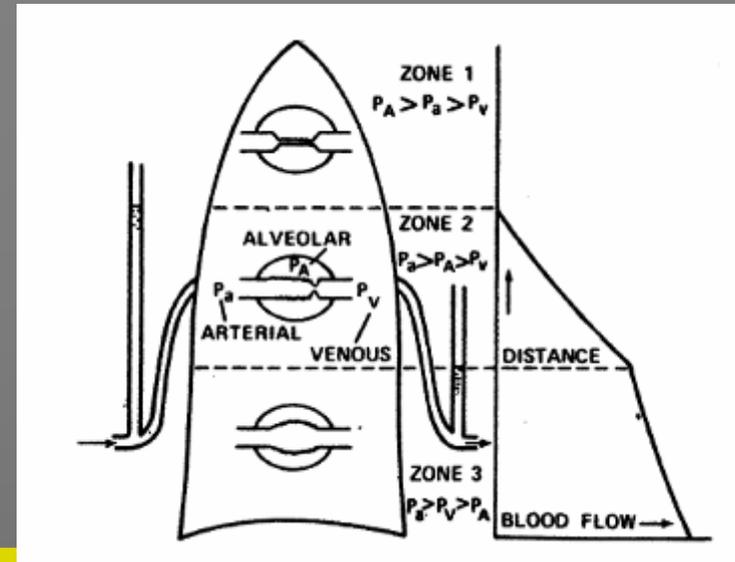


Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

Deshinchar el balón

Confirmar Zona 3 West

- Punta catéter debajo AI en Rx lateral
- Buena curva auricular
- Variación respiratoria PAPO < 50%
- Transmisión \uparrow PEEP < 50%



Complicaciones

Punción arterial, hematoma

Infección

Neumotórax

Hemotórax

Arritmias

BRDHH, PC

Perforación miocárdica

Daño valvular

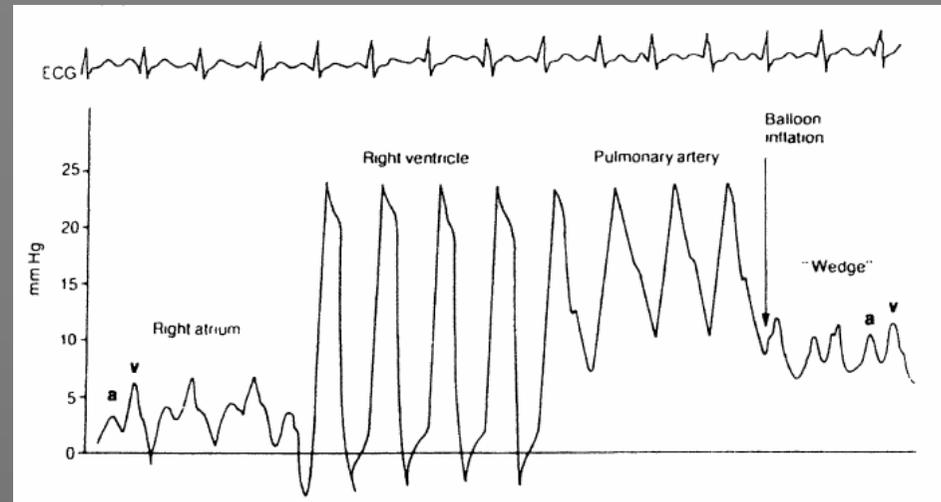
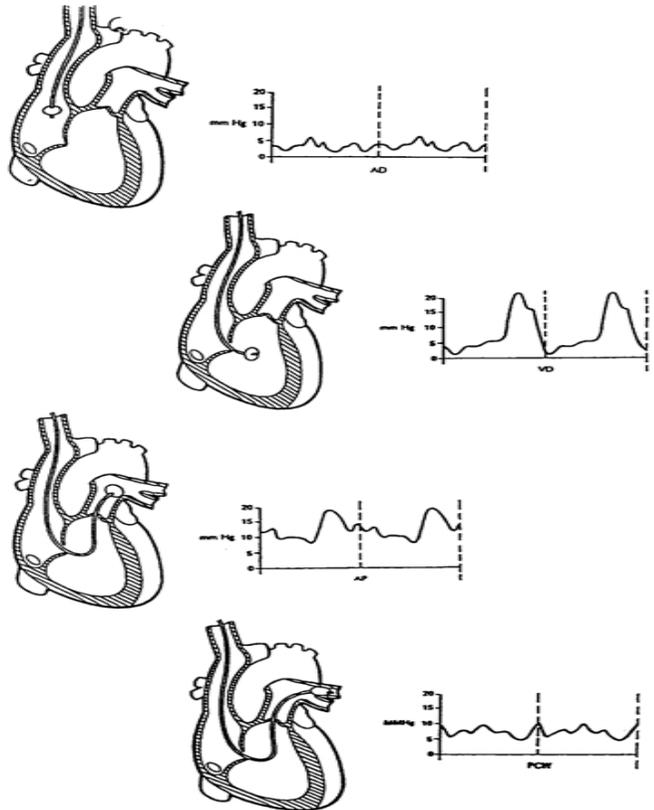
Ruptura arteria pulmonar

Infarto pulmonar

Trombosis/embolismo

Malinterpretación de los datos

¿¿PAPO = Precarga??



PAPO = PTDVI

- Estenosis o insuficiencia mitral
- Insuficiencia aórtica severa
- Mixoma AI
- Compliance ventricular ↓ o ↑
- Obstrucción venosa pulmonar ↓ ↑
- PEEP (intrínseca o extrínseca)
- No zona 3 West ($P_{alv} < P_{ven}$)

Parámetros hemodinámicos

PVC, PAP, PAPO

Gasto cardiaco

Volumen sistólico

Resistencias vasculares

Trabajo de salida ventricular

Parámetros del Stma de transporte y consumo de O₂

Saturación venosa mixta

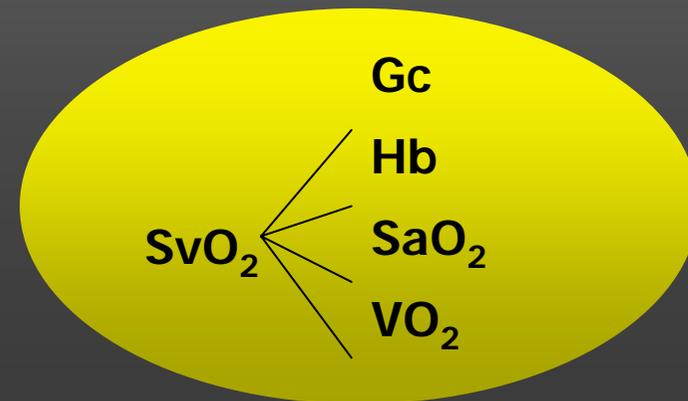
Transporte de O₂

Consumo de O₂

Contenido arterial y venoso de O₂

Coefficiente de extracción de O₂

Relación de extracción de O₂



Contraindicaciones

- Estenosis valvular tricuspídea o pulmonar
- Prótesis tricuspídea
- Masas intracavitarias derechas
- Tetralogía de Fallot
- Alergia al látex
- Arritmias severas
- Coagulopatía
- MCP definitivo <4 semanas



NUEVOS MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL GASTO CARDIACO

- *Análisis del contorno de la onda de pulso arterial*

variación de la presión arterial → cambio de volumen de sangre

- *Principio de Fick → Dilución de un indicador*

La captación o liberación total de una sustancia (indicador) por un órgano es igual al producto del flujo sanguíneo del órgano por la diferencia de concentración arteriovenosa de la sustancia.

- *Bioimpedancia eléctrica torácica*

- *Doppler transesofágico*

Relación entre velocidad de flujo, área y gasto cardíaco



PICCO

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

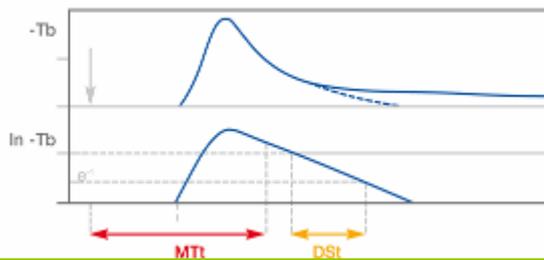
PICCO



Termodilución transpulmonar Análisis contorno pulso arterial

Canalizar vena central y arteria **¿NO INVASIVO?**
Inyección indicador → Variación de T^a

Área bajo la curva
Periodo medio de paso
Tiempo de descenso



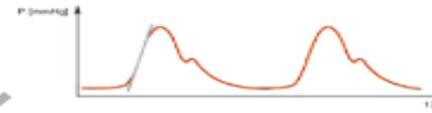
No Limitaciones TDTP

Sustitución renal
Tórax abierto
Ventilación espontánea
Shock hipovolémico
Gc normal
BCIA
Arrítmico
Sí Limitación
Vt > 15ml/Kg
Shunt

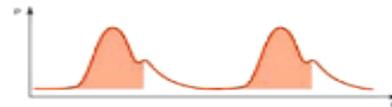
Termodilución transpulmonar



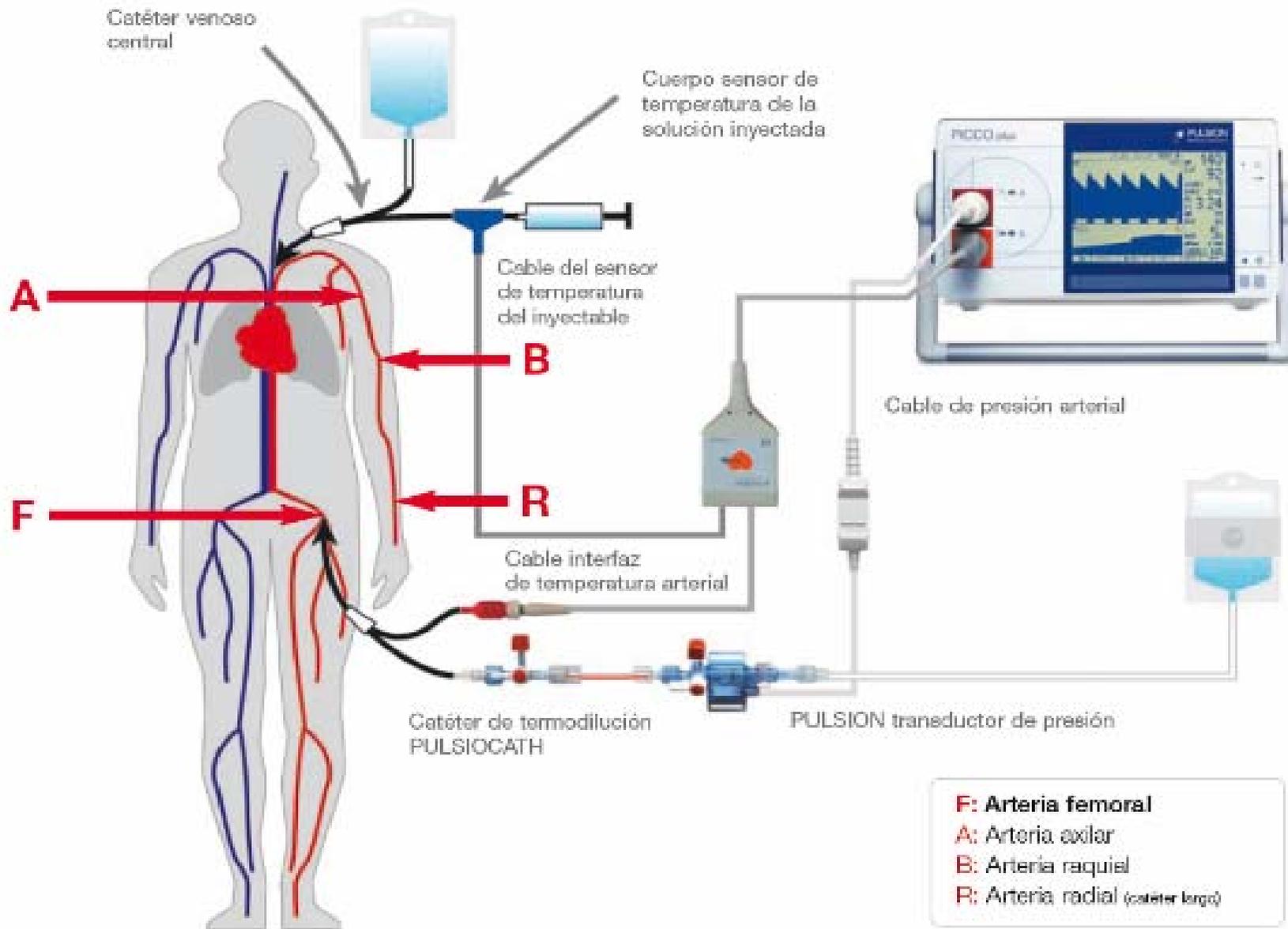
Análisis del contorno del pulso arterial



Calibración



GC = Volumen sistólico x frecuencia cardiaca



Parámetros continuos

Parámetros discontinuo

| | | |
|---------------------------|--|-------|
| Caudal/Poscarga | Gasto cardíaco | GC |
| | Volumen sistólico | SV |
| | Frecuencia cardiaca | FC |
| | Presión arterial | AP |
| | Resistencia Vascolar Sistémica | SVR |
| Gestión de volumen | Volumen global al final de la diástole | GEDV |
| | Volumen de sangre intratorácica | ITBV |
| | Variación del volumen sistólico | SVV |
| | Variación de la presión del pulso | PPV |
| Pulmón | Agua pulmonar extravascular | EVLW |
| | Índice de Permeabilidad Pulmonar Vascula | PVPI |
| Contractibilidad | Fracción de eyección global | GEF |
| | Índice de función cardíaca | CFI |
| | Velocidad de aumento de presión arterial | dP/mx |

10.02 11:59 TB37.0

AP

120

AP 53

76
28

(CUP) 10

SURI 1371

PC 2.54

CI 76

HR 76

SUI 33

SUU 8%

dPmx 1150

(GED I) 715

10.02 12:32 TB37.0

| ORA | E | CI | GEF | GEDI | ELWI |
|--------------|---|-------------|-----------|------------|----------|
| 11:00 | 0 | 3.54 | 24 | 720 | 9 |
| 11:02 | 0 | 3.53 | 24 | 717 | 9 |
| 11:04 | 0 | 3.72 | 24 | 757 | 10 |
| 11:34 | 0 | 3.52 | 25 | 715 | 9 |
| 12:31 | 0 | 3.36 | 25 | 682 | 9 |
| MEDIA | | 3.36 | 25 | 682 | 9 |

AP

96

65

30

(CUP) 10

SURI 1295

PC 3.36

CI 76

HR 76

SUI 43

SUU 8%

dPmx 1540

(GED I) 682



PRONTO ΔT 0.31/TI 9

VIA II ASS INP INFO



PiCCO-Tecnología *Valores Normales*

| | | | |
|---|------|-----------|--|
| Indice Cardíaco | CI | 3.0-5.0 | l/min/m ² |
| Volumen Sistólico Indexado | SVI | 40-60 | ml/m ² |
| Volumen Global Diastólico Indexado* | GEDI | 680-800 | ml/m ² |
| Volumen de Sangre Intratorácico Indexado | ITBI | 850-1000 | ml/m ² |
| Agua Extravascular Pulmonar Indexado | ELWI | 3.0-7.0 | ml/kg |
| Permeabilidad Vascular Pulmonar Indexado* | PVPI | 1.0-3.0 | |
| Variación del Volumen Sistólico | SVV | ≤ 10 | % |
| Variación de la Presión de Pulso* | PPV | ≤ 10 | % |
| Fracción de Eyección Global* | GEF | 25-35 | % |
| Indice de Función Cardíaca | CFI | 4.5-6.5 | l/min |
| Presión Arterial Media | PAM | 70-90 | mmHg |
| Resistencias Vasculares Sistémicas Indexado | SVRI | 1700-2400 | dyn*s*cm ⁻⁵ *m ² |

*Sólo PiCCOplus

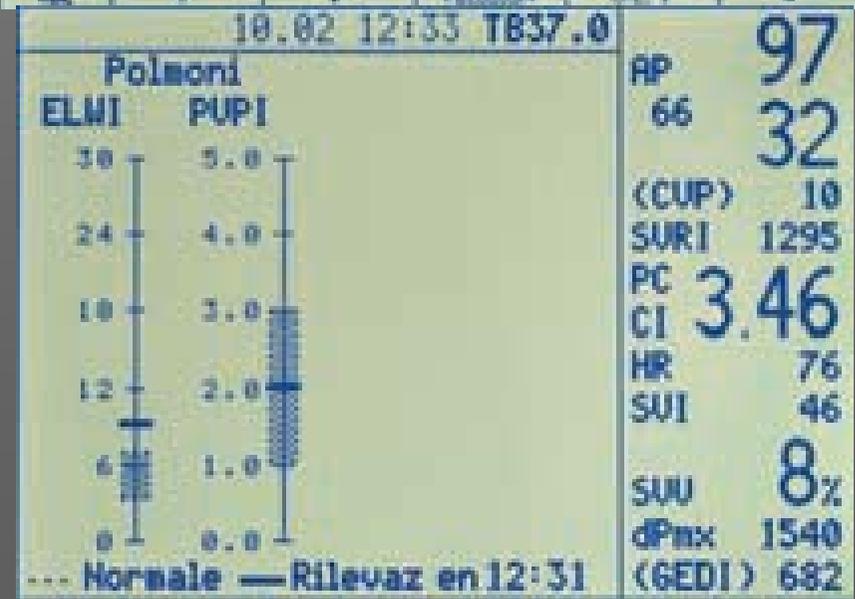
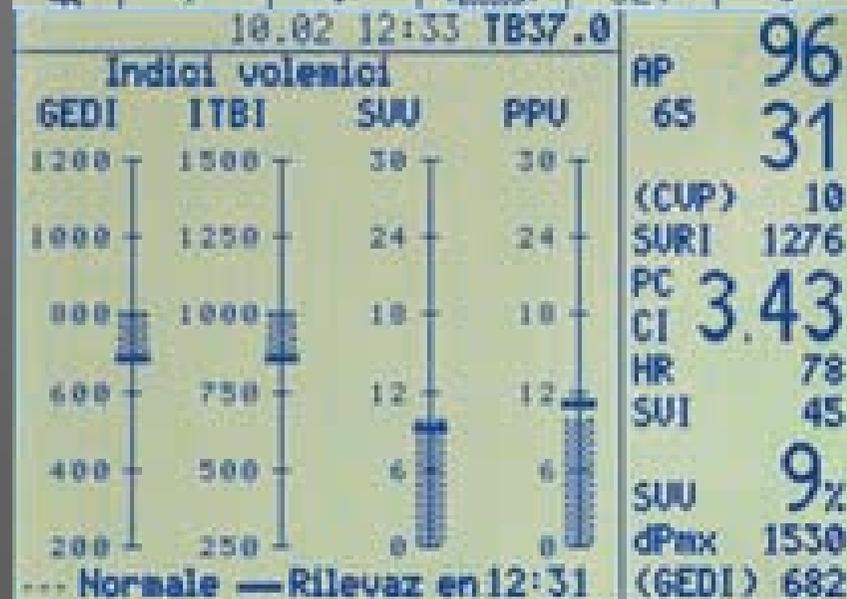
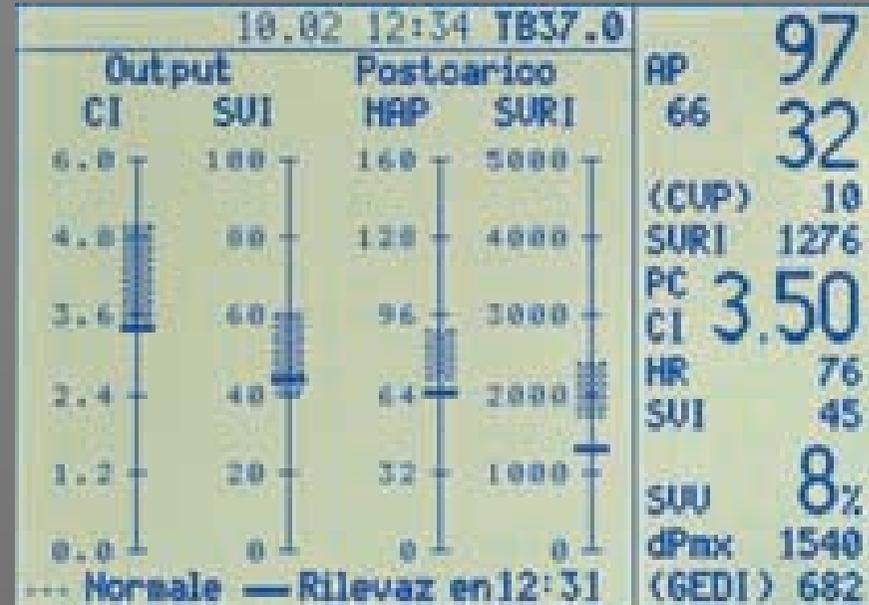
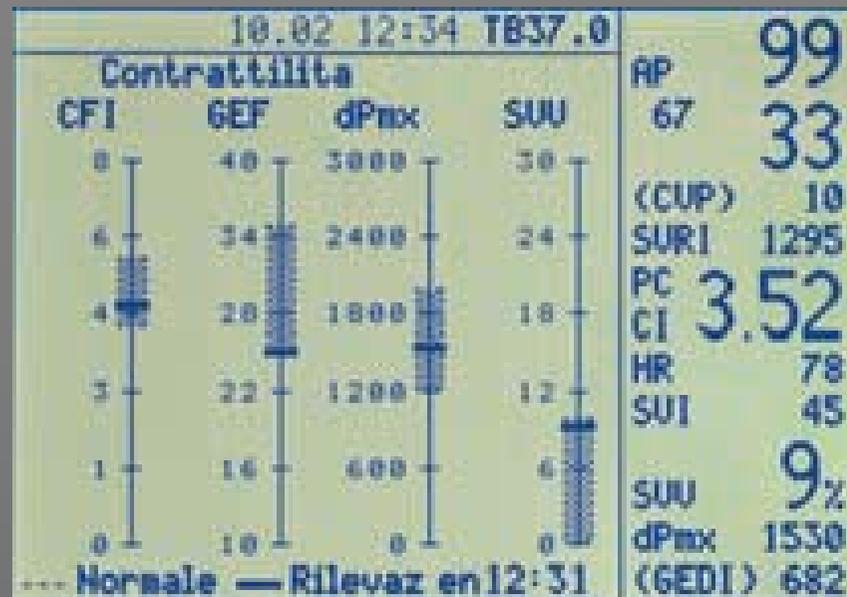
PULSION Medical Systems es un fabricante de dispositivos médicos y no aplica medicina. PULSION no recomienda estos valores normales para usar en un paciente concreto. A todos los efectos el médico a cargo del paciente es responsable para determinar y utilizar las medidas adecuadas en cuanto a diagnóstico y tratamiento en cada paciente de modo individual.

PULSION Medical Systems Ibérica S.L. • Pol. Ind. Las Nieves • C/ Puerto Canencia 21 • E-28935 Móstoles, Madrid
Tel. +34-(0)91- 665 73 12 • Fax +34-(0)91- 616 94 27 • info@pulsioniberica.com

Fabricante de dispositivos médicos

PULSION Medical Systems AG • Stahlgruberring 28 • D-81829 Munich, Germany
Tel. +49-(0)89-45 99 14-0 • Fax +49-(0)89-45 99 14-16 • info@pulsion.com • www.PULSION.com





- ¿Cual es la situación actual?

Gasto cardíaco (GC)

- ¿Cual es la precarga cardíaca?

Volumen global al final de la diástole (GEDV)

- ¿Aumentará el GC con volumen?

Variación del volumen sistólico (SVV)

- ¿Cual es la poscarga?

Resistencia Vascular Sistémica (SVR)

- ¿Cómo es la contractilidad cardíaca?

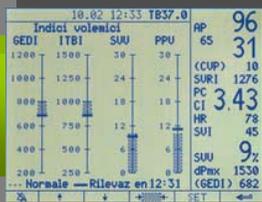
Velocidad de aumento de presión (dPmx)

Fracción de eyección global (GEF)

- ¿Existe o se está desarrollando un edema pulmonar?

Agua pulmonar extravascular (EVLW)





Gestión de volumen

GEDV
ITBV
SVV
PPV

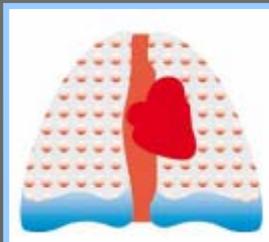
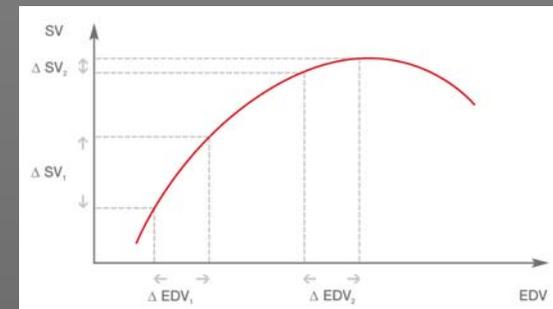
Las **presiones de llenado** no son indicadores precisos de la **precarga**. Depende de la **distensibilidad** de la cámara cardiaca.



PICCO mide Volúmenes

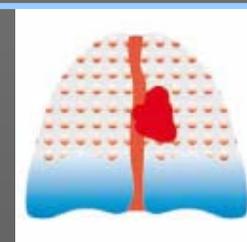
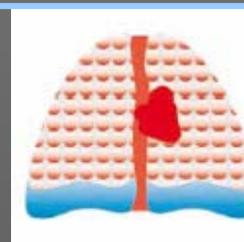
Mecanismo Frank-Starling

Precarga | Valor exacto
 \uparrow Vol \uparrow precarga \uparrow Gc **RESPONDEDOR**



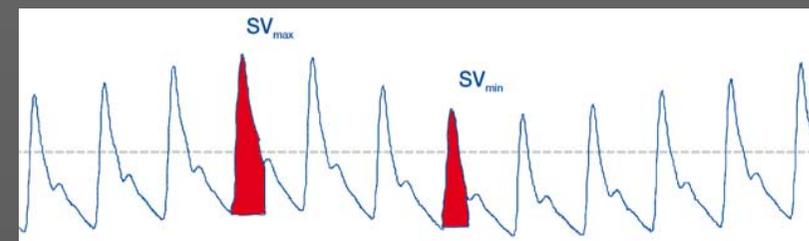
P tórax

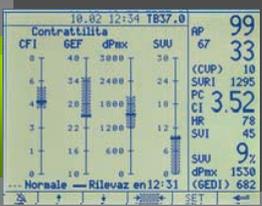
Llenado ventricular
 Agua extravascular pulmonar
 Aire intrapulmonar



Variación del Volumen Sistólico

% variación de la presión de pulso arterial
 Predicción de la respuesta al Volumen





Contractilidad y postcarga

GC
VS
AP
SVR

GEF
CFI
dPmx

Gasto Cardíaco

Ecuación Steward-Hamilton de la superficie bajo la curva de TDTP.

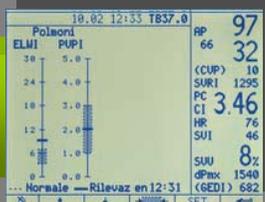
El cálculo continuo se realiza mediante el análisis del contorno de la onda de pulso.

Resistencias Vasculares Sistémicas

$(PAM-PVC) \times 80 / Gc$

Fracción de Eyección Global

- VTDG
- Velocidad máxima curva de presión de esta cámara \Rightarrow Ascenso inicial de trazado de PA



Agua pulmonar

EVLW
PVPI

Agua extravascular pulmonar

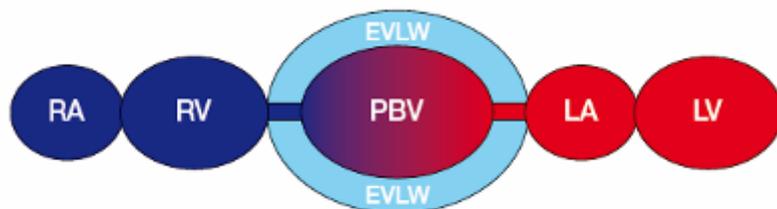
- intersticial
 - intraalveolar
 - intercelular
- de las áreas pulmonares perfundidas ⇒ Derrame pleural no artefacta

Marca el momento a partir del cual ya no será beneficiosos añadir volumen

Permeabilidad vascular pulmonar

EAP | alta → "leak" capilar → proceso inflamatorio
 | baja → edema hidrostático → origen cardiaco

ELWI/PBV



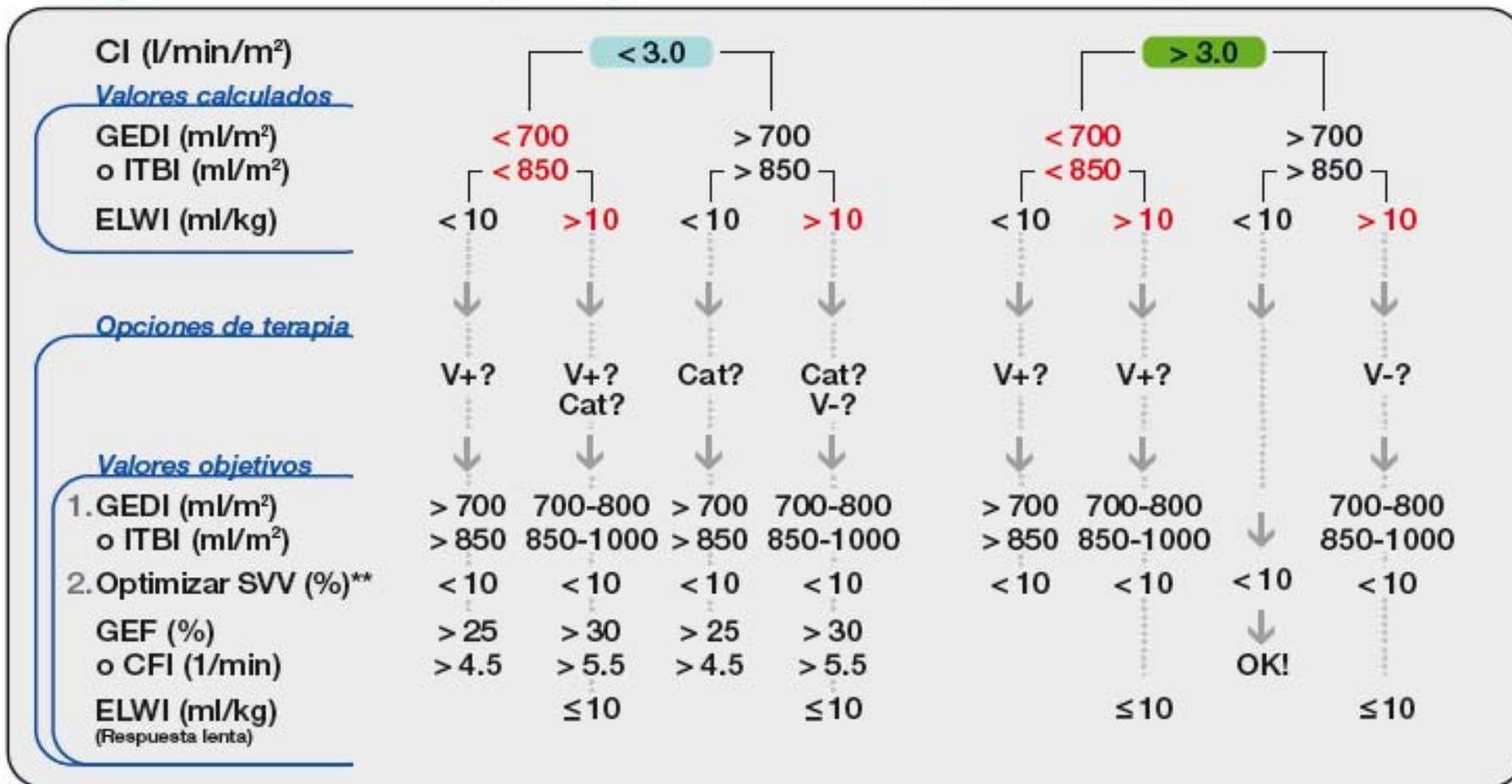
Única monitorización que lo calcula
"a pie de cama"

LIMITACIÓN: Resecciones pulmonares



PiCCO-Technology *Modelo de decisión**

Este diagrama de decisión no es orientativo y no sustituye la toma de decisiones terapéuticas del médico responsable.



© PULSION 09/2006 PCS1636P04 113

*Fresenius M, Heck M (2006), chapter "Monitoring" in "Repetitorium Intensivmedizin", Springer Medizin Verlag Heidelberg, 44-48
Kirov MY, Kuzkov VV, Bjertnaes LJ, "Extravascular lung water in sepsis" in Vincent JL (ed) Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine 2005, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 449-460

V+ = volumen V- = restricción de volumen Cat = catecolaminas / agentes cardiovasculares
**SVV solamente es aplicable a pacientes con ventilación mecánica totalmente controlada y sin arritmias cardiacas.



VIGILEO

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

Análisis del contorno de la onda de pulso

Medición continua

Canalización periférica

No requiere calibraciones

Modelos fisiológicos: Parámetros demográficos

MENOS FIABLE

Limitaciones Arritmias / BCIA ...

GC/IC

PAS, PAD, PAM

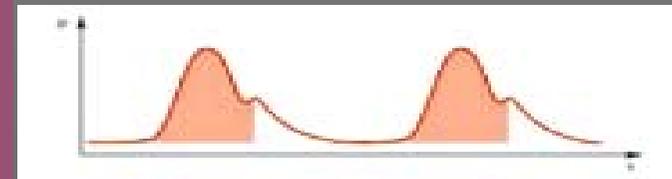
Mide

PVC

RVS

VVS

- Monitor Vigileo
- Sensor FloTrac
- Catéter PreSep (ScvO2)



LIDCO

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

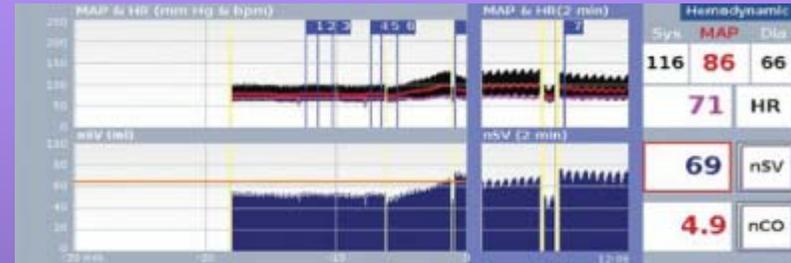
LiDCO plus

Análisis del contorno de la onda de pulso

Calibración: Dilución transpulmonar de litio (0.15-0.3mmol)

LiDCO rapid

VS, Gc, RVS, VPP



Contraindicaciones

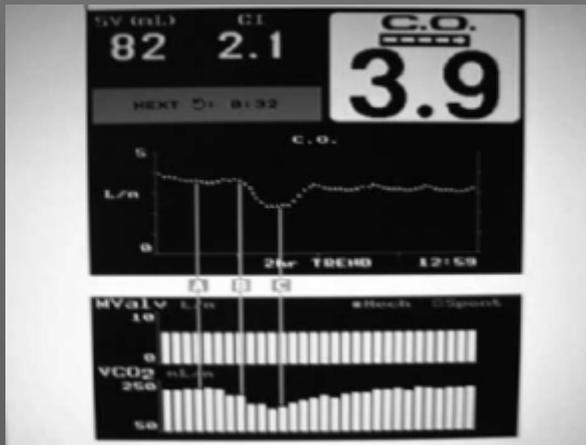
- Tratamiento con litio
- <40 Kg
- Embarazadas o lactancia
- RNM (atracuro y rocuronio)

NICO

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

NICO: Non Invasive Cardiac Output

Aplica el principio de Fick a la **detección del CO₂ espirado**.
Calcula perfusión pulmonar efectiva (la que atraviesa las zonas pulmonares ventiladas). Mide el Gc según cambios entre eliminación CO₂ y etCO₂ tras breve reinhalación parcial de CO₂.



Limitación → Alteraciones Ventilación/Perfusión

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

ECOTE

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09



DIAGNÓSTICO

Distancias/ Volúmenes: Precarga

Velocidades: Flujos

VS, GC.

Contractilidad

Función valvular

MHO/SAM

Derrames/masas

Roturas /disecciones

DESVENTAJAS

Disponibilidad

Operador dependiente

Valoración puntual

Monitorización hemodinámica (información) → (diagnostico y tratamiento): EVITAR y TRATAR:

+ Arritmias.

* Hipoxia tisular por hipoperfusión: global (shock) o localizada.

• Hipertensión

• ↑ morbi / mortalidad.

Monitor (latín): esclavo que acompañaba a su señor para informarle / recordarle

Monitorización hemodinámica

Global

Precarga / Poscarga / Contractilidad



VS x FC



RVS x GC x CaO₂ (Hb, CaO₂)



PA



DO₂ / VO₂ (lactato, SvO₂)

+ Monitorización regional

Monitorización hemodinámica regional

- Renal: diuresis.
- Pulmonar: ETCO₂, ELW, Permeabilidad pulmonar.
- Intestinal: pHi (PiCO₂, PCO₂-gap), ShO₂, P. Intra Abdominal (PIA).
- Cerebral / medular: P.Presión Cerebral, Sjo₂, BIS/TS, NIRS, Doppler transcraneal, duplex transcraneal, P.Presión Medular.
- Cardiaca: análisis ST, ECO, flujo B-P.
- Periférica: SpO₂, capnometria sublingual.

Diagnostico etiológico del shock

1. Hipovolémia.
2. **Cardiogénico:**
 1. Isquémico.
 2. Valvulopatias E/I ?.
 3. Disfunción sistólica / diastólica
 4. M. obstructiva, etc.
3. **Obstáculos al llenado del VI:**
 1. ↑ PIT con la VM.
 2. Neumotórax tensión.
 3. Taponamiento.
 4. Embolia pulmonar.
 5. Taquicardia

4. Vasodilatación:

- Anafiláctico.
- Neurogénico.
- **SRIS / sepsis**

5. Endocrinas:

1. Insuf. Suprarrenal.
2. Hipotiroidismo.

**CARDIACO: 1 + 2 + 3
+ 4 + 5**

Tratamiento del shock cardiogénico en el IAM

* Tratamiento **etiopatogénico**:

- **Cateterismo** / angioplastia / stent / fibrinólisis: Permeabilizar coronarias, ↑ aporte de O₂ al miocardio.
- **ECO**: Tratamiento quirúrgico de las complicaciones: IMi, CIV, taponamiento cardiaco, rotura PL, MHO/SAM.
- Corrección de los **factores agravantes**: hipovolemia, ↓ CaO₂, ↓ o ↑ RVS, arritmias, alteraciones EAB y electrolíticas, sepsis, ↓ CMO₂, etc.
- **Asistencias mecánicas** (BCIA, AV) / **Transplante** .

* Optimizar: **precarga, contractilidad, poscarga, DO₂ / VO₂**.

Evolución de la monitorización hemodinámica

- Manual → Automática.
- Intermitente → Continua.
- Invasiva → Menos invasiva.
- Diagnóstica: ECO cardio

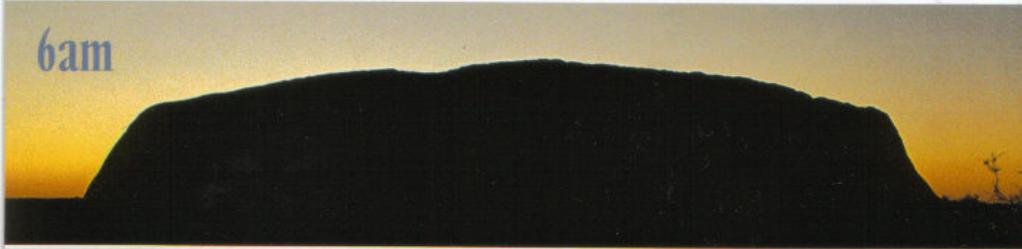
CAP /
PiCCO /
LiDCO /
Vigileo

+ / -

Eco
Cardio
ETT
/ ETE

A day in the life of Uluru

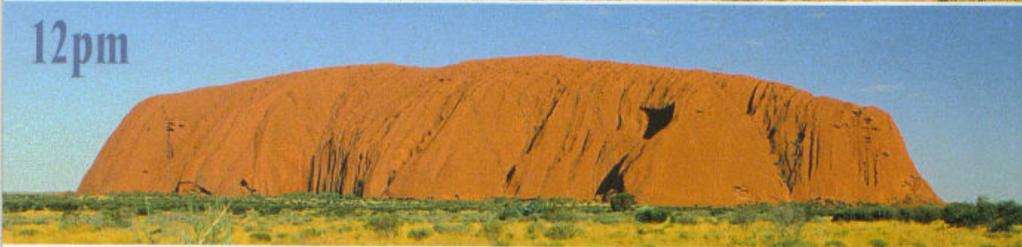
6am



9am



12pm



3pm



6pm



La situación
hemodinámica
(precarga, poscarga,
IC)

del paciente de
Cirugía cardíaca

Cambia
frecuentemente

a lo largo del
tiempo

Determinantes de la perfusión / oxigenación tisular

Precarga / Poscarga / Contractilidad



VS x FC



RVS x GC x CaO₂ (Hb, CaO₂)



PA



DO₂ / VO₂ (lactato, SvO₂)

Manejo hemodinámico de la hipoperfusión tisular: Que?, Dosis?

- * Volumen → Precarga optima (¿ ... ?).
Evitar ⇒ edemas (pulmonar), hemodilución, ↑ poscarga.
- * Inotrópicos → IC > ¿ 2,2 - 4,5 L/min/m² ? .
Peligro ⇒ ↑ FC, arritmias, ↑ CMO₂, isquemia miocárdica, M. hipertrofica obstructiva /SAM.
- * Vaso dilatadores ⇒ ↓ RVS y/o RVP.
Problema ⇒ ↓ PAM
- * Vaso presores → ↑ PAM 60-90 mm Hg..
Peligro ⇒ ↓ GC, isquemia: miocárdica, renal, intestinal .

Monitorización ideal

- Fácil.
- Facilite la comprensión de problemas.
- Fiable.
- **Precocidad.**
- Tiempo real.
- Continua.
- Registrable.
- Coste / beneficio.
- Alarmas
- Prevención / tratamiento
- Cómoda para: Paciente y Profesionales.
- Automática.
- Sensibilidad.
- Especificidad.
- Poco invasiva.
- Mínimos efectos indeseables.
- Disponibilidad.
- **Mejore los resultados**

Manejo hemodinámico de la hipoperfusión tisular: Que?, Dosis?

- * Volumen → Precarga optima (¿...?).
Evitar ⇒ edemas (pulmonar), hemodilución,
↑ poscarga.
- * Inotrópicos → IC > ¿ 2,5 - 4,5 L/min/m² ? .
Peligro ⇒ ↑ FC, arritmias, ↑ CMO₂, isquemia
miocárdica, M. hipertrofica obstructiva, OTSVI.
- * Vaso dilatadores ⇒ ↓ RVS y/o RVP.
Problema ⇒ ↓ PAM
- * Vaso presores → ↑ PAM 60-90 mm Hg..
Peligro ⇒ ↓ GC, isquemia miocárdica, isquemia
intestinal (↓ pHi / PCO_{2-g} / ShO₂)

Precarga:

Volumen tele - diastólico ventricular.

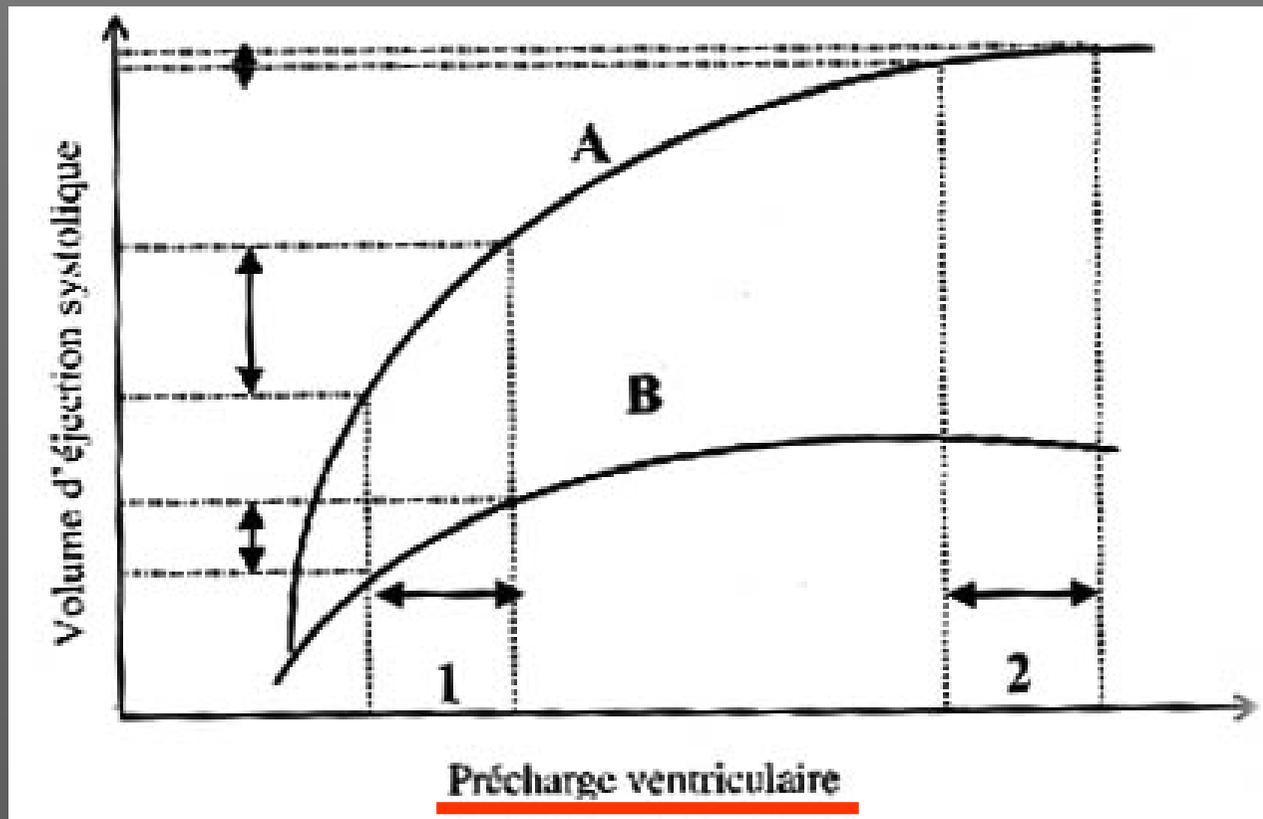
Longitud tele diastólica de las fibras miocárdicas.

Tensión de la pared Ventricular al final de la diástole.



Modificaciones en la parte:

- 1) ascendente de la curva (precarga-dependiente)
- 2) plana (precarga-independiente)



Sesion SARTD-CHGOV 13-01-09

Curvas de Frank-Starling en ventriculos con función:

A) normal.

B) alterada.

Lo importante es valorar la
precarga - dependencia
(respondedores) en cada
momento.

Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. Chest 2002:2100

- Respondedores: incremento del GC o del VS > 10%-20% con la administración de volumen (cristaloides / coloides) entre 300 - 500 ml.
- NO respondedores: No incremento del GC o VS con la administración de volumen

Causas de ↓ de la precarga

- ↓ volumen intravascular.
- ↓ tono vascular.
- ↑ presión intra-torácica.
- ↓ retorno venoso al VI.
- ↓ tiempo llenado ventricular.
- ↓ distensibilidad cardíaca.

Consecuencias de la precarga:

- **Baja:**

- ↓ VS / ↓ GC / ↓ PA / ↓ perfusión tisular.

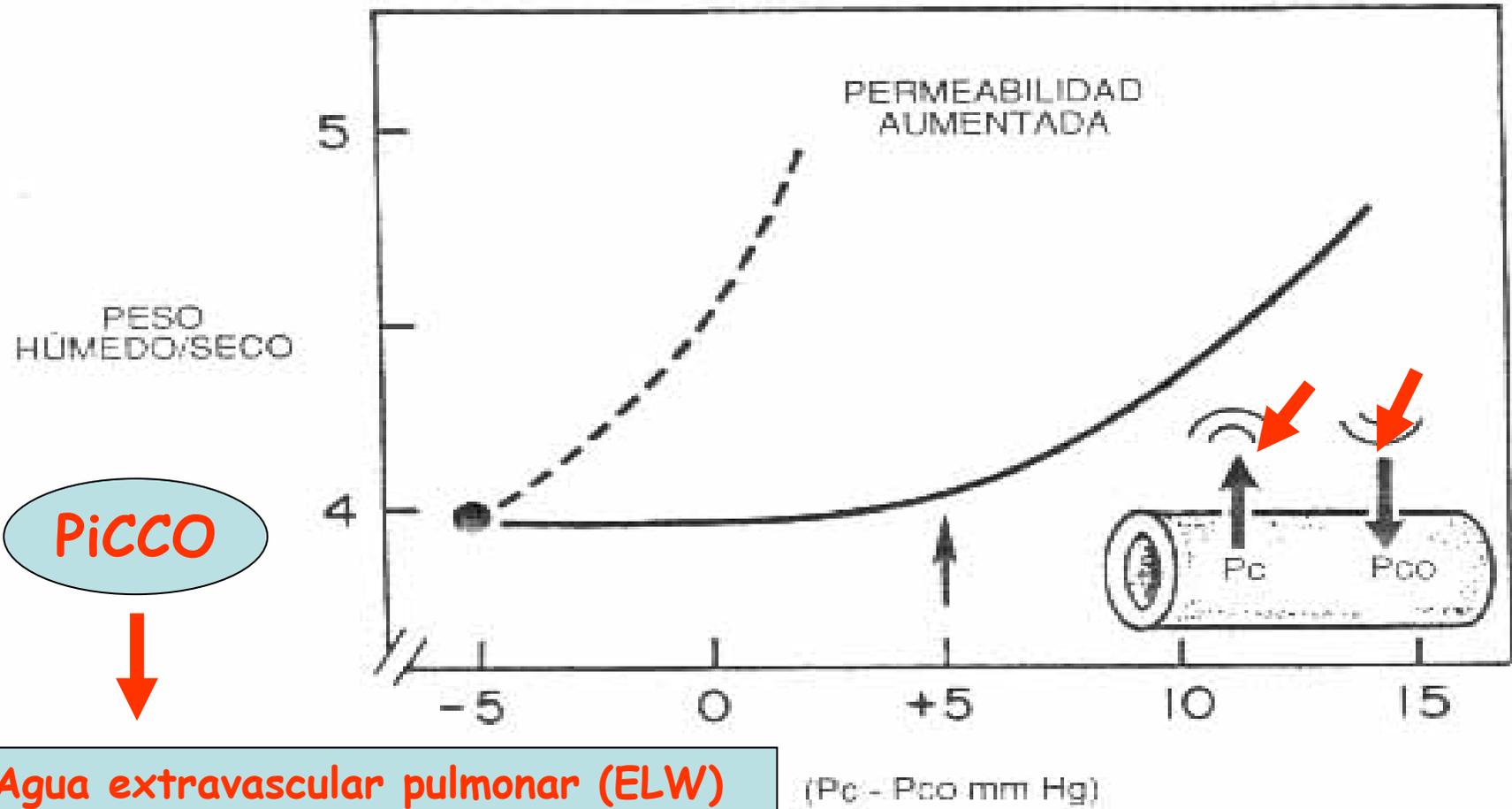
- **Alta:**

- ↑ PVC / ↑ PCPW / edema pulmonar.

- ↑ Poscarga / ↑ CMO₂.

- Edema tisular.

- Hemodilución.



PiCCO



Agua extravascular pulmonar (ELW)
Permeabilidad capilar pulmonar (PCP)

Fig. 23-1. Relación entre el agua pulmonar y la diferencia entre la presión hidrostática capilar pulmonar (Pc) y la presión oncótica (Pco) del suero.

Valoración de la precarga

• 1) Valoración clínica:

- Historial clínico: hipovolemia, sangrado, vasoplejia, clínica de insuficiencia cardiaca, etc.
- PVC baja.
- respuesta a la administración de volumen de: PA, IC, SvO₂.

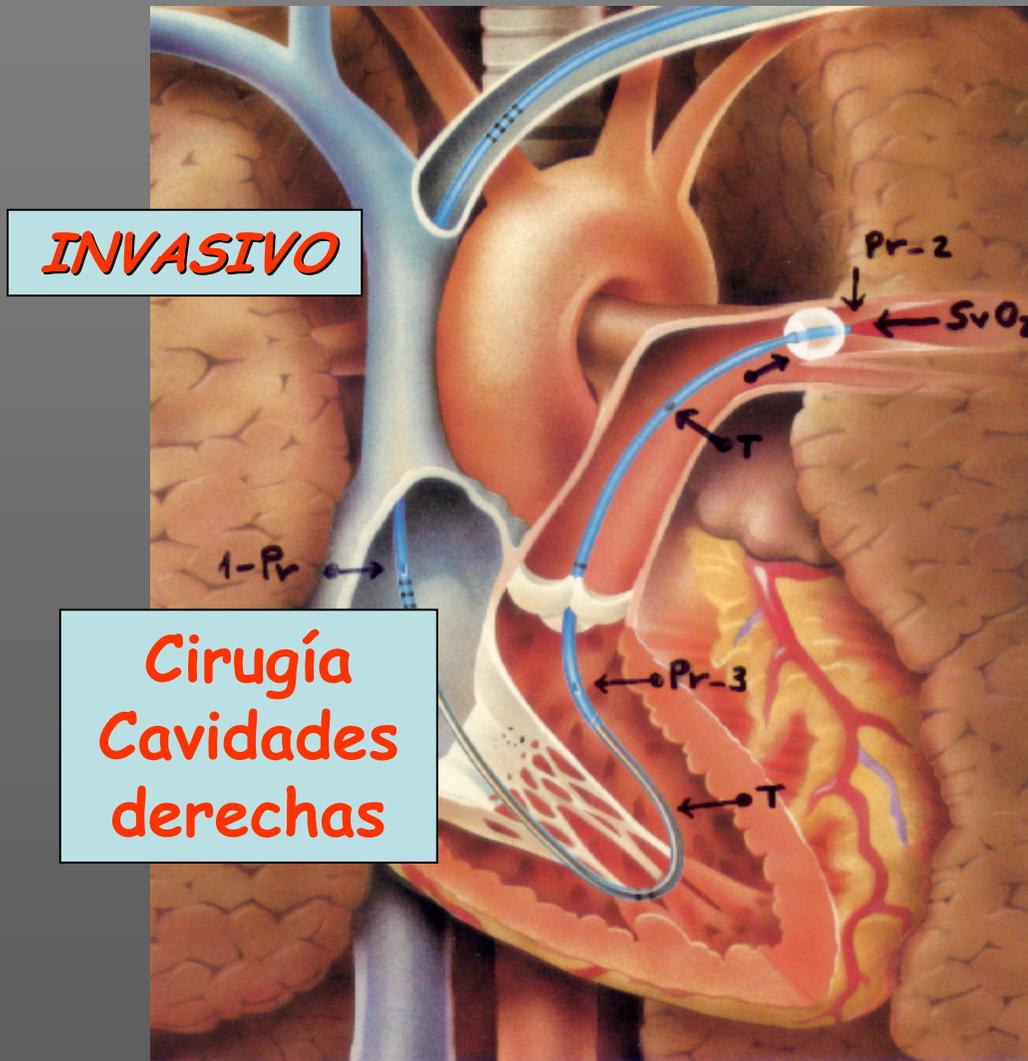
• 2) Parámetros estáticos: PVC (< 10 mm Hg), PAPO (< 15 mm Hg), VTDVD (< 90 / > 140 mL/m²), ATDVI (< 9-15 / > 10-20 cm²/m²), ITBI (< 850 ml/m²), ELWI (< 10 ml/Kg). (CAP, eco cardiografía, PiCCO).

• 3) Parámetros dinámicos: Variación con la VM de: PAS (Δ down > 5 mm Hg), PP (> 13%), Δ vpeak (> 12%), VS (> 10%).

Valoración de la precarga

- Valoración clínica: Historial clínico, respuesta (PA, IC, SvO₂) a la administración de volumen.
- Parámetros estáticos:
 - PVC (<10 mm Hg), PAPO (< 15 mm Hg).
 - VTDVD (<90 / >140 mL/m²).
 - ATDVI (<9-15 / >10-20 cm²/m²).
 - ITBI (< 850 ml/m²).
 - ELWI (< 10 ml/Kg).
(CAP, eco cardiografía, PiCCO).
- Parámetros dinámicos: Variación con la VM de:
 - * PAS (Δ down >5 mm Hg).
 - * PP (> 13%).
 - * VS (> 10%).(PiCCO, LiDCO, Flo TRACK).

Valoración de la precarga con el Catéter arterial pulmonar (CAP)

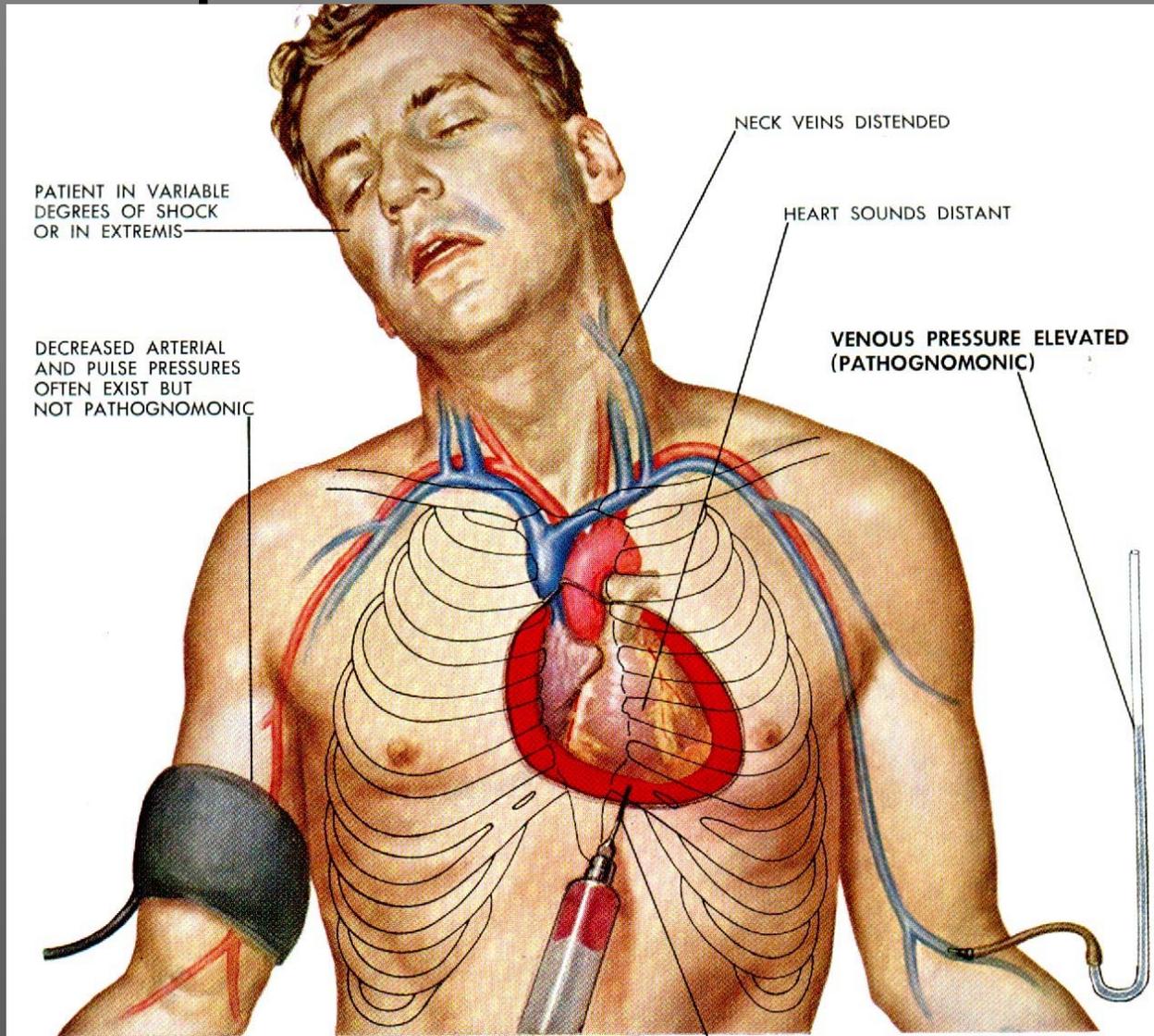


- PVC.
- PAP
(S/D/M)
- PAPO.
- SvO₂
- GC / IC
- **VTDVD**
- **FE.**

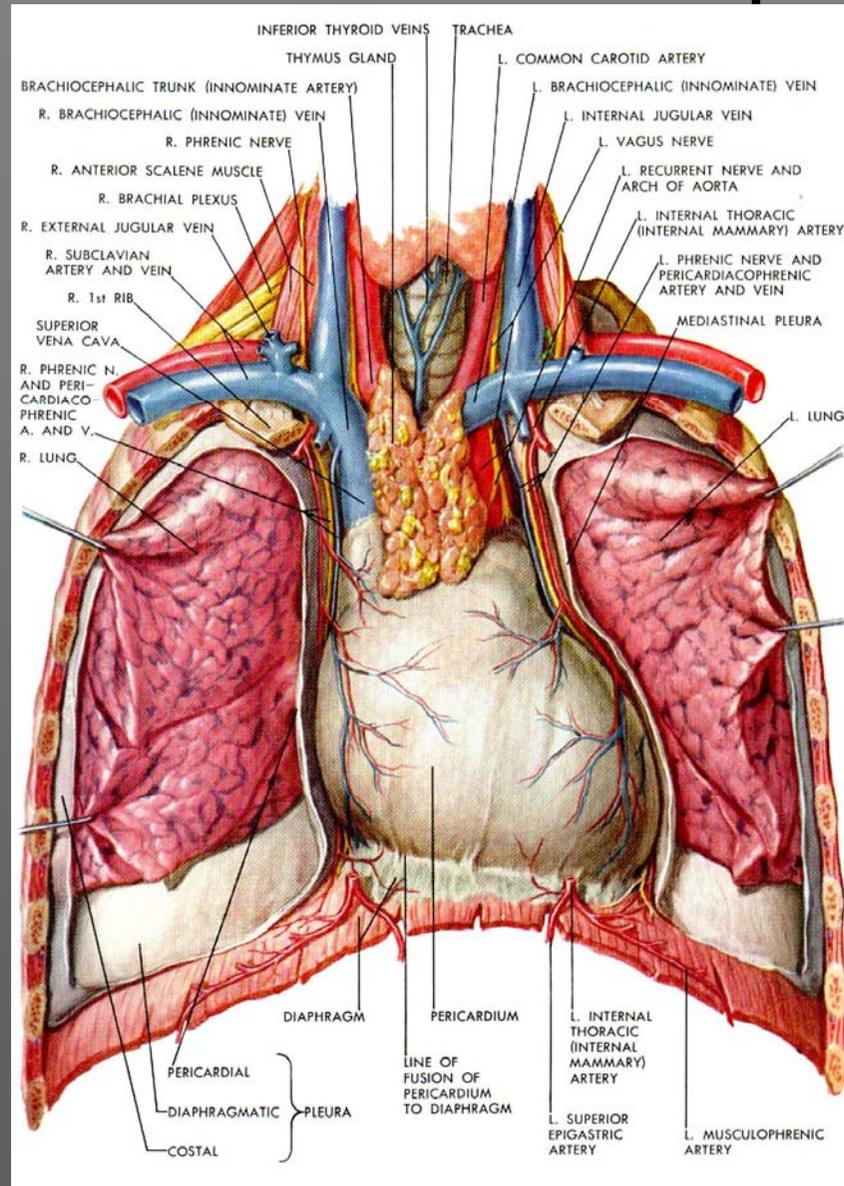
PTDVI \neq VTDVI

- LA PTDVI depende de:
 - VTDVI.
 - Distensibilidad cardiaca.
 - Presión pericardica.

Taponamiento cardiaco



Interacciones corazón-pulmón



Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

Interacciones ventilación / corazón

- Cambios en la precarga y poscarga del VD y VI, durante la inspiración y espiración con la VPP y la ventilación espontánea.
- Cambios en las medidas de la PVC y PAPO con la VPP.

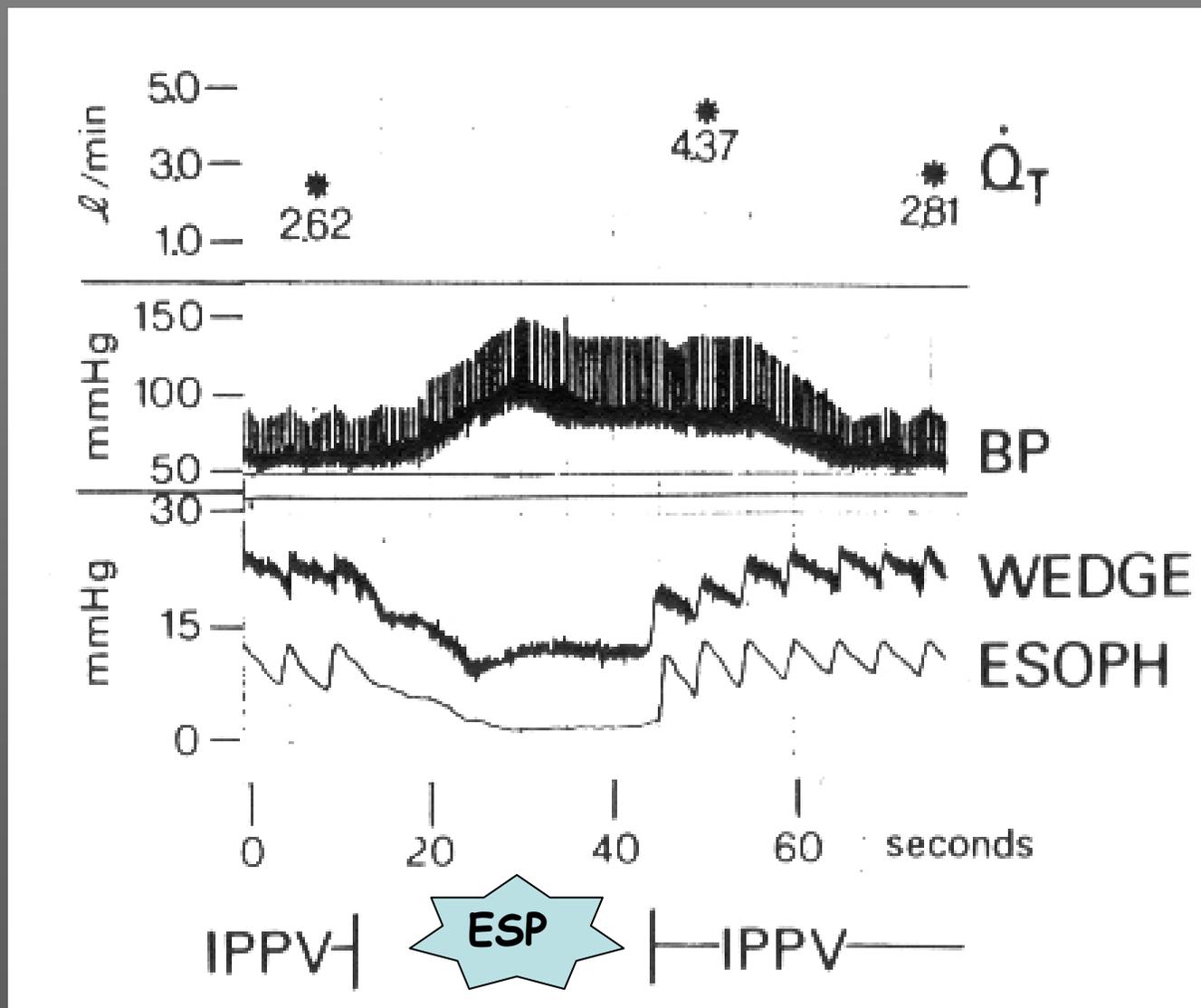
Alteraciones hemodinámicas con la VM en el Ventrículo Derecho

- \uparrow PIT \Rightarrow \downarrow retorno venoso \Rightarrow \downarrow VTDVD \Rightarrow
 \downarrow precarga VD.
- \downarrow VPH \Rightarrow \downarrow RVP \Rightarrow \downarrow poscarga VD.
- Vol. y PIT altas \Rightarrow \uparrow poscarga VD.
- \uparrow PIT \Rightarrow \uparrow PVC

Alteraciones hemodinámicas con la VPP en el Ventrículo Izquierdo

- \downarrow precarga del VD \Rightarrow \downarrow **precarga del VI.**
- P. pleural positiva \Rightarrow \downarrow **poscarga VI.**
- VPP +/- PEEP \Rightarrow \uparrow **PAP0**

GC / PA / PAPO / P. esofágica y VM



**Predicting Fluid Responsiveness in ICU Patients.
A Critical Analysis of the Evidence.
Michard F, Teboul JL. Chest 2002;2000-8)**

- **Los indicadores estáticos de precarga cardiaca (PVC, PAPO, VTDVD y ATDVI)**, no fueron más bajos en los respondedores (R) a volumen que en los NO respondedores (NO-R), en la mayoría de estudios analizados.
- Cuando hubo diferencia significativa no se encontró un nivel discriminativo entre los R y NO-R.

Efectividad clínica del empleo del CAP:
No existe evidencia del efecto beneficioso o perjudicial del empleo del CAP en cuanto a mortalidad en pacientes críticos.

- Connors AF y col. JAMA 1996: 889-97.
- Rhodes A y col. ICM 2002: 256-64.
- Richard C y col. JAMA 2003: 2732-4.
- Sandham JD y col. NEJM 2003: 5-14.
- Harvey S y col. Lancet 2005: 472-7.

¿ Reducción de la mortalidad?

- PiCCO.
- LiDCO.
- Vigileo.
- ECO.
- SpO2

Surviving Sepsis Campaign. Dellinger et al. CCM 2008:296
Guías para el tratamiento de la sepsis grave y shock séptico

- Fluido terapia (1^a seis horas):
 - Utilizar cristaloides (1000 ml) o coloides (300-500 ml) en 30 minutos y continuando.
 - Objetivo: **PVC** > 8 mm Hg o > 12 mm Hg si esta con VM.
 - La velocidad debe reducirse si aumentan las presiones de llenado sin obtener mejoría hemodinámica (PAM > 65 mm Hg, diuresis > 0,5 ml/Kg/hora, SvcO₂/SVO₂ > 70%/65 %

**Precocidad
En el
Diagnostico
y
tratamiento**

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

Importancia de la medición de la PVC y PAPO

- Orientación sobre la precarga (bajas/altas PVC/PAPO).
- Tendencias.
- $PVC \neq PCWP$
Insuficiencia aislada ventrículo derecho.
- Morfología de las ondas.
- Precocidad de los cambios.
- Tiempo real.
- Continua.
- Valoración HTP.
- Disponibilidad
- RVS / RVP ?



Introduccion del CAP.

YID.

Indicaciones del

CAP:

+/- ETT o ETE

1) Valoración HTP. 2) Mala función ventricular. 3) Cirugía mixta / compleja. 4) Aorta TD. 5) Pacientes inestables hemodinámicamente.

• Valorando: riesgo (válvulas y cavidades derechas, complicaciones) / coste / beneficios y alternativas.

Indicaciones del CAP

- Practice guidelines for PAC: an update report by the ASA Task Force on Pulmonary Artery Catheterization. *Anesthesiology* 2003: 988.
- Pinsky MR, Vincent JL. Let us use the PAC correctly and only when we need it. *CCM* 2005:119.
- Alternativas: **PiCCO**, LiDCO, Flotrack.
- Complementario: **ECO**.

Valoración de la precarga

- Valoración clínica: Historial clínico, respuesta (PA, IC, SvO₂) a la administración de volumen.
- Parámetros estáticos:
 - PVC (< 10 mm Hg) (PAPO (< 15 mm Hg)).
 - VTDVD (< 90 / > 140 mL/m²).
 - ATDVI (< 9-15 / > 10-20 cm²/m²).
 - ITBI (< 850 ml/m²).
 - ELWI (< 10 ml/Kg).
(CAP, eco cardiografía, PiCCO).
- Parámetros dinámicos: Variación con la VM de:
 - * PAS (Δ down > 5 mm Hg).
 - * PP (> 13%).
 - * VS (> 10%).(PiCCO, LiDCO, Flo TRACK).

Volúmenes cardíacos para valoración de la precarga.

- VTDVD con el CAP.
- Vol. Sanguíneo intratorácico (ITBV)
Vol. Global al final de la diástole (GEDV) con el PiCCO.
- VTDVD y ATDVI con ECO.

Limitaciones del PiCCO para valorar la precarga con el ITBV y/o GEDV

- En Grandes aneurismas aórticos.
- Precisa catéteres arteriales centrales.
- Reducción del lecho vascular.
- Precisa de la técnica de termo dilución a través de un catéter venoso central.
- No es una medición continua.

eco cardiografía- Doppler / ETE

- **Distancias / volúmenes:**
(precarga)
 - Velocidades / flujos.
 - Vol. Sistólico / Gasto cardiaco (IC).
 - Contractilidad global (FE / FA) y local.
 - Funcionalidad valvular.
 - MHO / SAM.
 - Derrames / masas.
 - Roturas / disecciones.
 - VALOR DIAGNOSTICO
- Desventajas :
 - Disponibilidad.
 - Precisa Formación.
 - Valoración puntual / NO continua en Reanimación.

VTD como parámetro para valorar la precarga

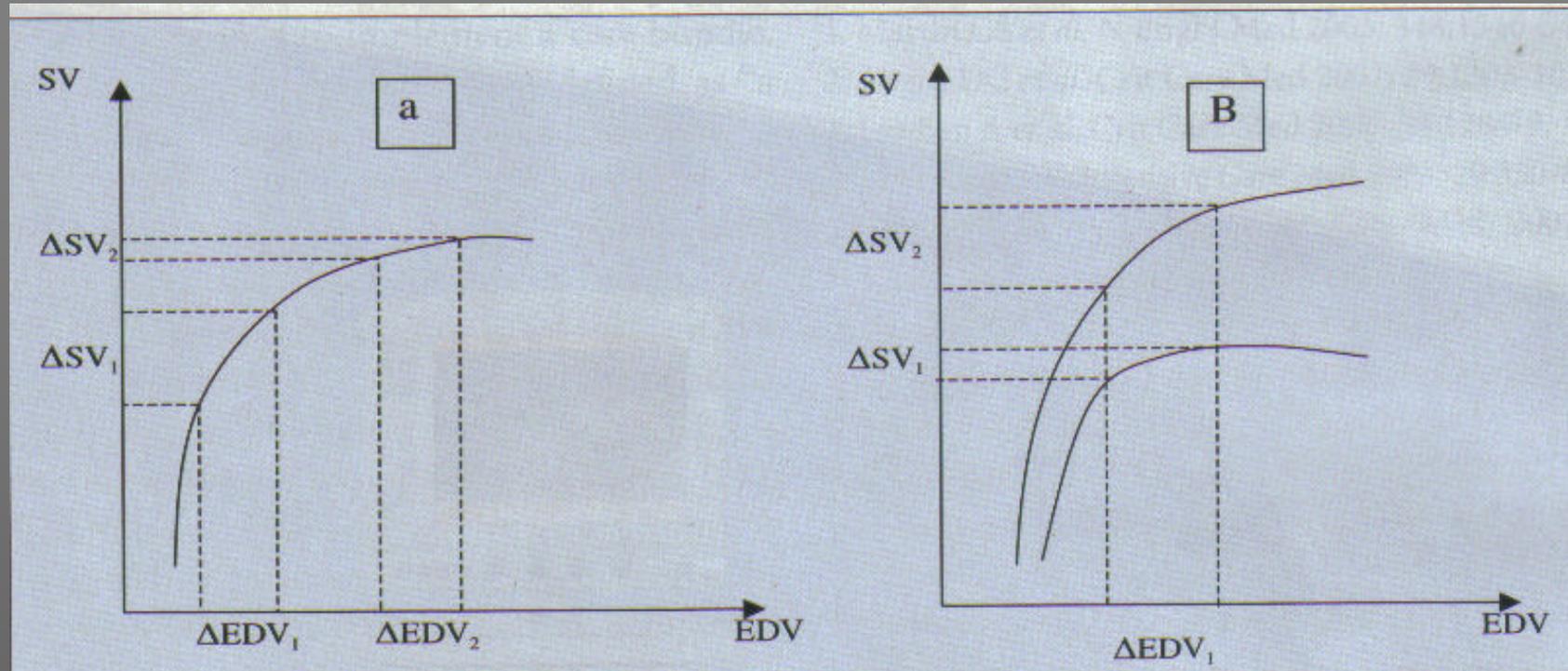


Figure 1. Frank-Starling curves . Figure 1a(left panel) In one patient, at low end-diastolic ventricular volume (EDV) the increase in preload (ΔEDV_1) causes an important increase in stroke volume (ΔSV_1) but after volume expansion, at higher volume, the same increase in preload (ΔEDV_2) causes a smaller increase in stroke volume (ΔSV_2).

Figure 1b (right panel). In two different patients, the same increase in preload (ΔEDV_1) causes different increases in stroke volume (ΔSV_1 and ΔSV_2) because of difference in the steepness of the Frank-Starling curve, which reflects differences in myocardial contractile state.

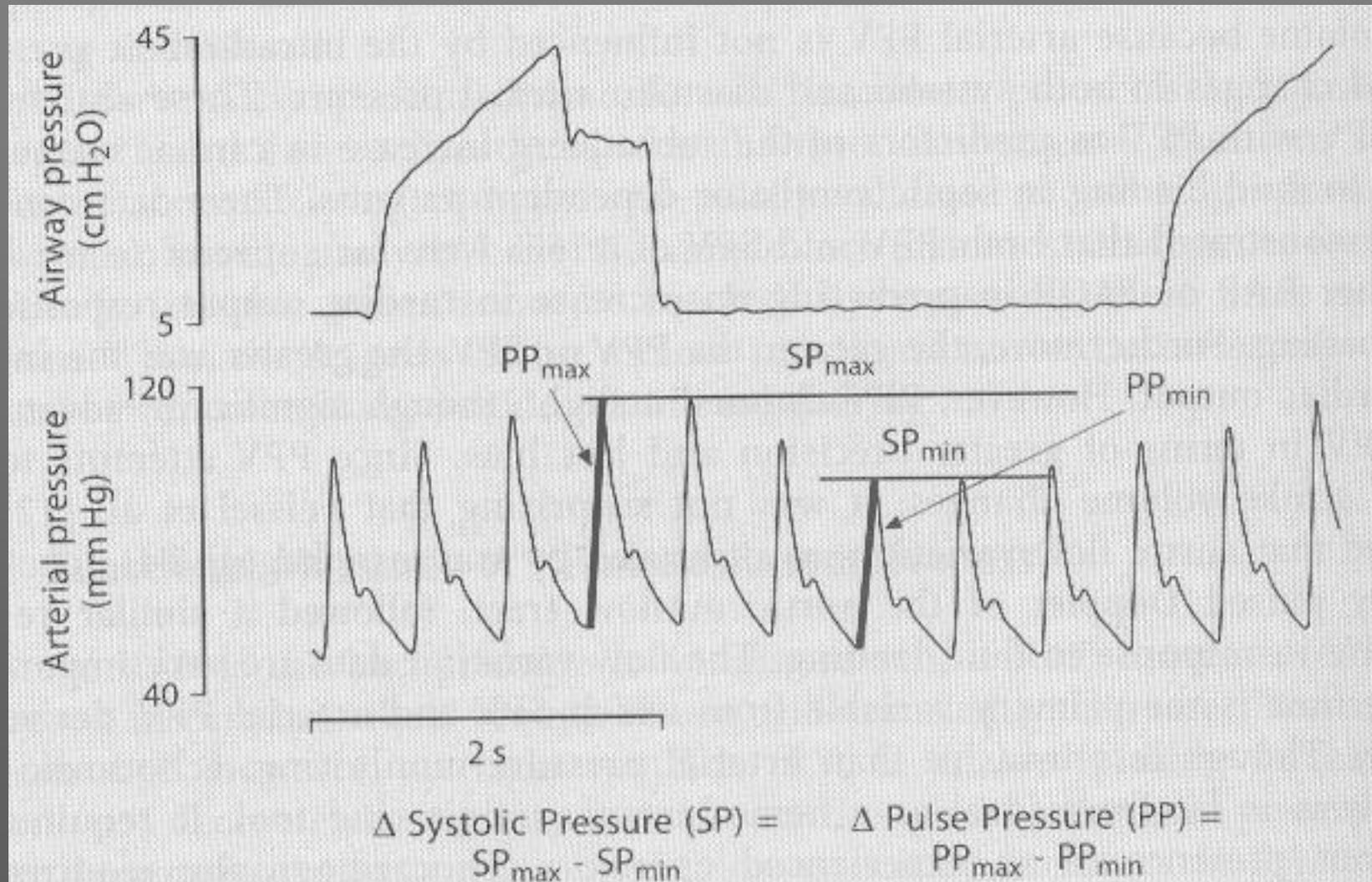
Predelecting Fluid Responsiveness in ICU Patients. A Critical Analysis of the Evidence. Michard F, Teboul JL. Chest 2002;2000-8)

- Los indicadores estáticos de precarga cardiaca (PVC, PAPO, VTDVD y ATDVI), no fueron más bajos en los respondedores (R) a volumen que en los NO respondedores (NO-R), en la mayoría de estudios analizados.
- Cuando hubo diferencia significativa no se encontró un nivel discriminativo entre los R y NO-R.

Valoración de la precarga

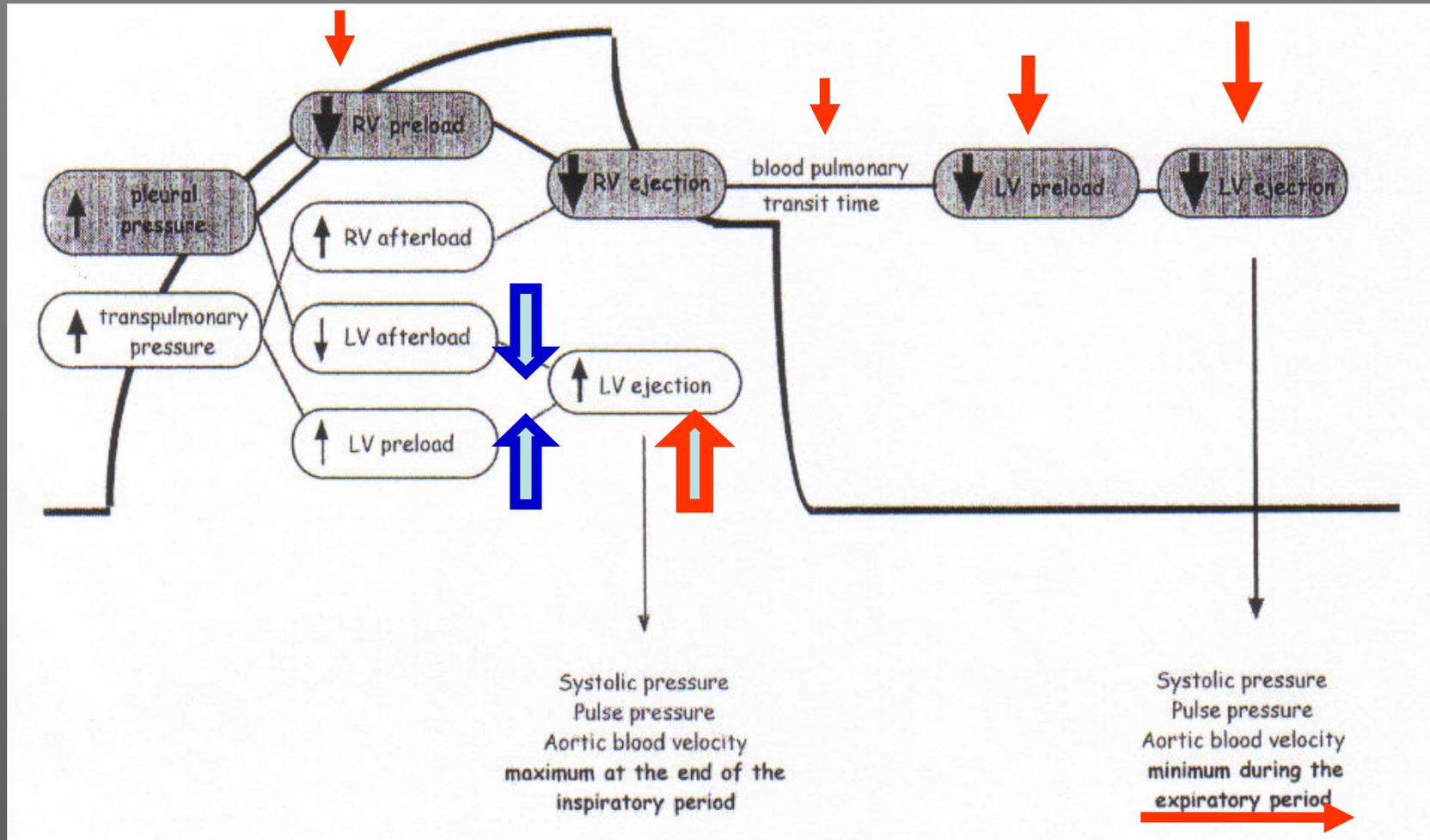
- Valoración clínica: Historial clínico, respuesta (PA, IC, SvO₂) a la administración de volumen.
- Parámetros estáticos:
 - PVC (< 10 mm Hg) (PAPO (< 15 mm Hg)).
 - VTDVD (< 90 / > 140 mL/m²).
 - ATDVI (< 9-15 / > 10-20 cm²/m²).
 - ITBI (< 850 ml/m²).
 - ELWI (< 10 ml/Kg).
(CAP, eco cardiografía, PiCCO).
- Parámetros dinámicos: Variación con la VM de:
 - * PAS (Δ down > 5 mm Hg).
 - * PP (> 13%).
 - * VS (> 10%).(PiCCO, LiDCO, Flo TRACK).

Variación de la presión sistólica con la VM



Using heart-lung interactions to assess fluid responsiveness during mechanical ventilation.

Crit Care 2000:282-9



**Predicting Fluid Responsiveness in ICU Patients.
A Critical Analysis of the Evidence.
Michard F, Teboul JL. Chest 2002;2000-8)**

- **Los parámetros dinámicos . Las variaciones de la PAS, PP y VS, con la VM son más altas en los Respondedores que en los NO-Respondedores.**
- **Los valores discriminativos (10 mm Hg y 13%) de estos parámetros tienen un buen valor predictivo positivo y negativo.**

VVS con la VM

- 1) PiCCO.
- 2) LIDCO.
- 3) Vigileo.
- 4) LIDCO rapid.

- Catéter arterial específico: 1.
- Calibración: 1 y 2.
- Otros datos: VSIT, ELW, permeabilidad capilar pulmonar: 1.
- Facilidad: 3 y 4.
- Fiabilidad: 1,2,3,4.

Limitaciones del LiDCO / PiCCO / vigileo para valorar la precarga (VVS con la VM) de manera continua (1)

- Precisa:
 - VM.
 - VT y Fr respiratoria constantes.
 - Sin arritmias.
- Cambios en la PEEP (PEEPi), compliance pulmonar o pared torácica y la apertura del tórax pueden influenciar en las medidas.

Limitaciones del LiDCO / PiCCO / Vigileo para valorar la precarga (VVS con la VM) de manera continua (2)

- No útil en pacientes con BCIA.
- Falsos positivos (10%) en pacientes con HTP y disfunción del VD (SDRA, cor pulmonale).
- Falsos negativos cuando se administran VT bajos con PIT bajas

Valoración de la precarga

Parámetros dinámicos

1) Variación con la VM de:

* PAS ($\Delta_{\text{down}} > 5$ mm Hg). PP ($> 13\%$) y VS ($> 10\%$).

(PiCCO, LiDCO, Flo TRACK).

* Variaciones de los diámetros de las cavas (S e I).

(Eco Doppler)

2) Cambios en el vol. Sistólico y en el flujo sanguíneo aórtico con la elevación pasiva de las piernas:

(Ecocardiografía, Doppler esofágico)

Valoración de la precarga en pacientes con Ventilación espontánea

- ¿ Variaciones del GC / IC con la elevación pasiva de las piernas ?:
 - LIDCO rapid
 - PiCCO.
 - VigiLeo Flo Track.

¿ Precarga optima ?

1. Predecir los respondedores.
2. Evitar los efectos indeseables por exceso de líquidos.

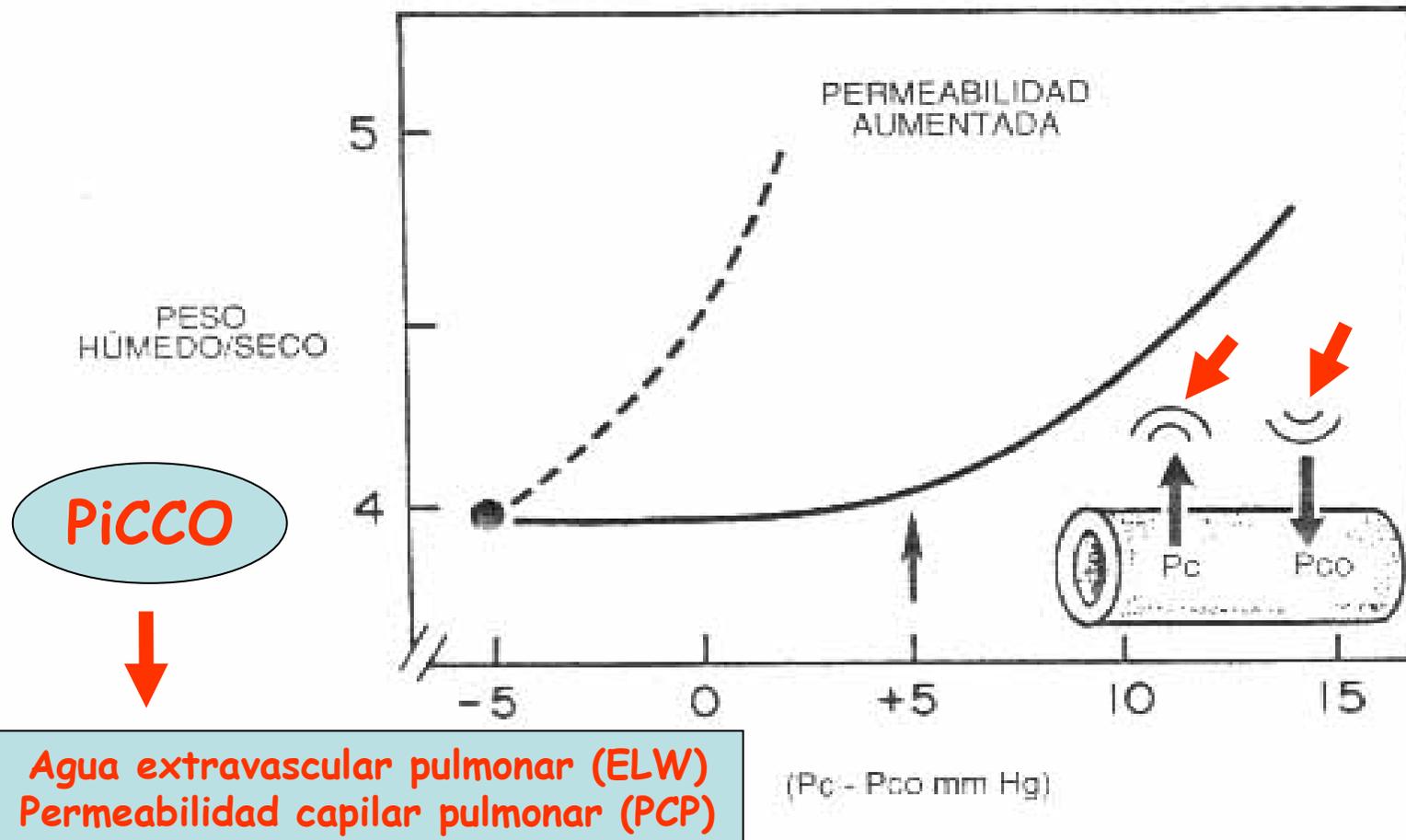


Fig. 23-1. Relación entre el agua pulmonar y la diferencia entre la presión hidrostática capilar pulmonar (P_c) y la presión oncótica (P_{co}) del suero.

CONTRACTUALIDAD

Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

Monitorización hemodinámica

Precarga / Poscarga / Contractilidad



VS x FC (ECG)



RVS x GC x CaO₂ (Hb, S a/p O₂)



PA



DO₂ / VO₂ / SvO₂

CONTRACTILIDAD CARDIACA:

Capacidad miocárdica para realizar un trabajo a un nivel de carga.
Fuerza y velocidad de la contracción muscular independiente de la precarga y poscarga

- Valoración de la contractilidad:

- dP / dt (dependiente de la precarga).

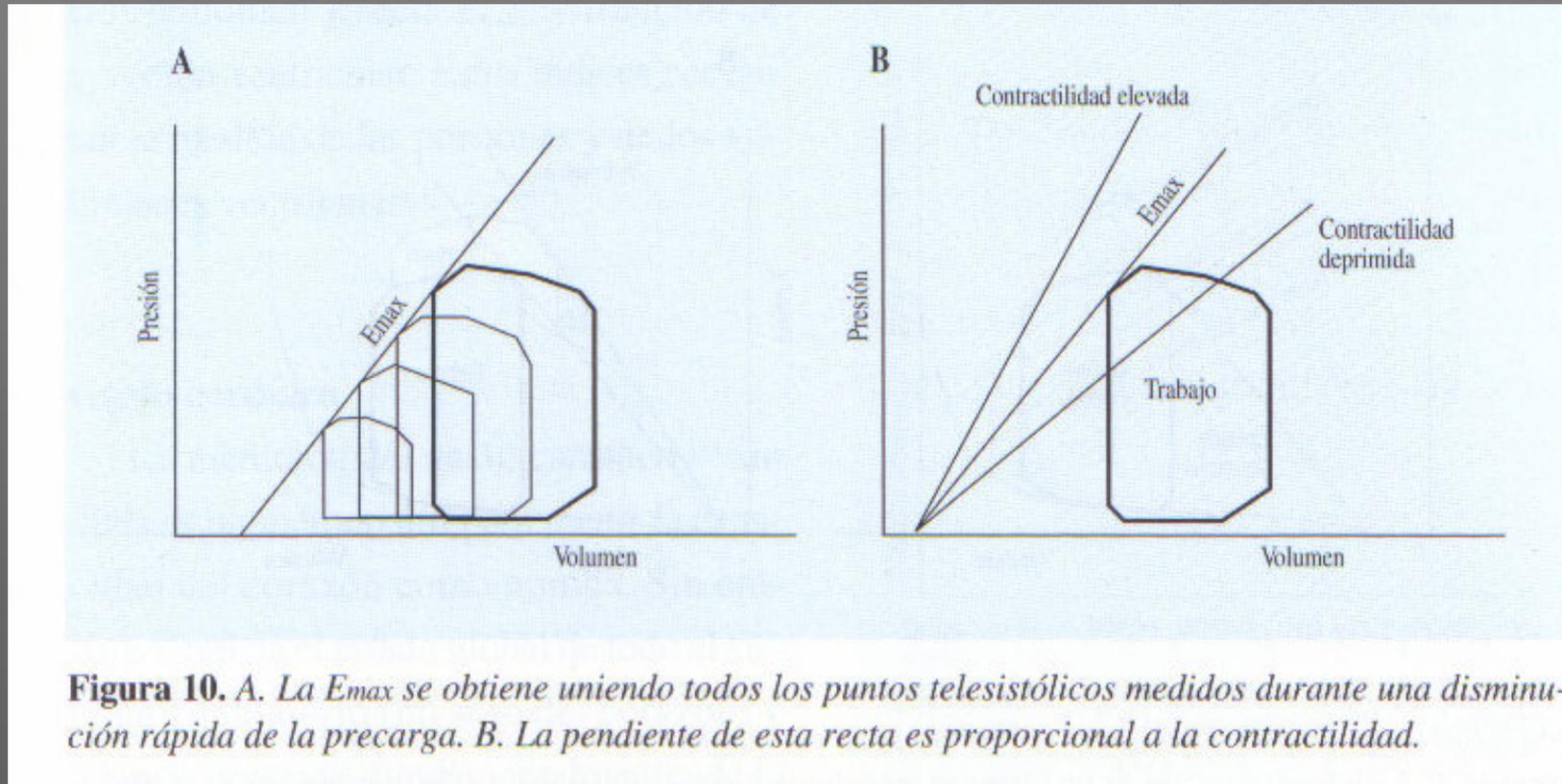
- $FE = VS / VTD \times 100$ (65%)

- $FA = (DTDVI - DTSVI) / DTDVI \times 100$.

- **Eco cardiografía.**

- **Elastancia ventricular:** Pendiente de la línea que relaciona la presión ventricular y el volumen

Contractilidad = pendiente de la recta de los puntos tele sistólicos (elastancia máxima)

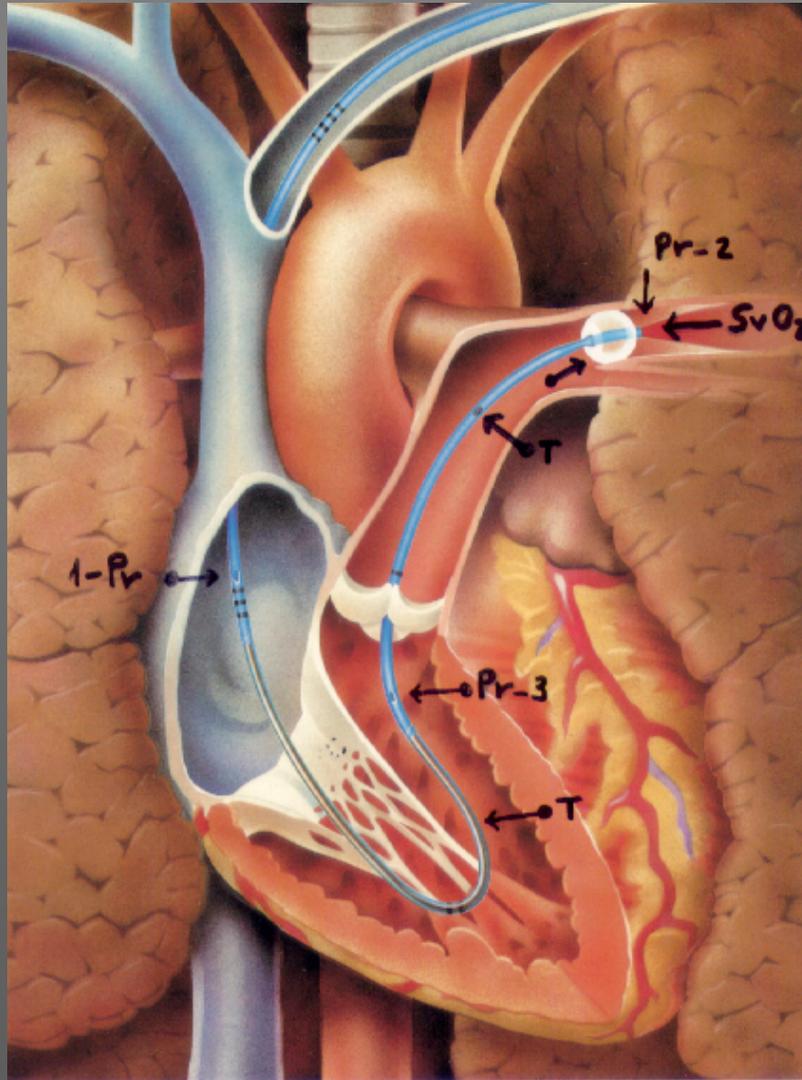


J. Cortes y col. La función ventricular: precarga, poscarga. En Fisiología aplicada a la Anestesiología. FEEA 2005.:51-74

Manejo hemodinámico de la hipoperfusión tisular: Que?, Dosis?

- * Volumen → Precarga optima (¿ ... ?). Evitar ⇒ edemas (pulmonar), hemodilución, ↑ poscarga.
- * **Inotrópicos** → **IC > ¿ 2,2 - 4,5 L/min/m² ?** .
Peligro ⇒ ↑ FC, arritmias, ↑ CMO₂, isquemia miocárdica, hipertrofia obstructiva.
- * Vaso dilatadores ⇒ ↓ RVS y/o RVP.
Problema ⇒ ↓ PAM
- * Vaso presores → ↑ PAM 60-90 mm Hg..
Peligro ⇒ ↓ GC, isquemia miocárdica, isquemia intestinal (↓ pHi / PCO₂-g / ShO₂)

Datos obtenidos con el Catéter arterial pulmonar (CAP / S-G)



- PVC.
- PAP (S/D/M)
- PAPO.
- SvO₂
- **GC / IC**
- **FE**
- VTDVD
- ITSVD / ITSVI
- RVS y RVP.
- DO₂ / VO₂

Medición del gasto cardiaco

- Catéter arteria pulmonar
- ECO - Doppler (ETT, ETE).
- Onda del pulso: PiCCO (Pulsion Medical), Pulse CO (LiDCO), Flo Trac (Vigileo), LiDCO rapid.
- Transcutaneous indocyanine green (Pulsed dye densitometry)
- Método Doppler: supraesternal, esofágico, transtraqueal.
- Non Invasive Cardiac Output (NICO).
- Bioimpedancia eléctrica torácica.

eco cardiografía- Doppler / ETE

- Distancias / volúmenes: (precarga)
 - Velocidades / flujos.
 - Vol. Sistólico / Gasto cardiaco (IC).
 - Contractilidad global (FE / FA) y local.
 - Funcionalidad valvular.
 - MHO / SAM.
 - Derrames / masas.
 - Roturas / disecciones.
- Desventajas :
 - Disponibilidad.
 - Precisa Formación.
 - Valoración puntual / NO continua en Reanimación.

VALOR DIAGNOSTICO

Medición del gasto cardiaco

- Catéter arteria pulmonar
- ECO - Doppler (ETT, ETE).
- Bioimpedancia eléctrica torácica.
- Onda del pulso: PiCCO, (LiDCO), Flo Trac (Edwards), LiDCO rapid.
- Transcutaneous indocyanine green (Pulsed dye densitometry)
- Método Doppler: supraesternal, esofágico, transtraqueal.
- Non Invasive Cardiac Output (NICO).

Pulse Contour Analysis (PiCCO, LiDCO, Flo Trac)

CO
Por
Pulse
Contour
Analysis

Vs

CO
Por
CAP
En:

* BCIA
* IAO

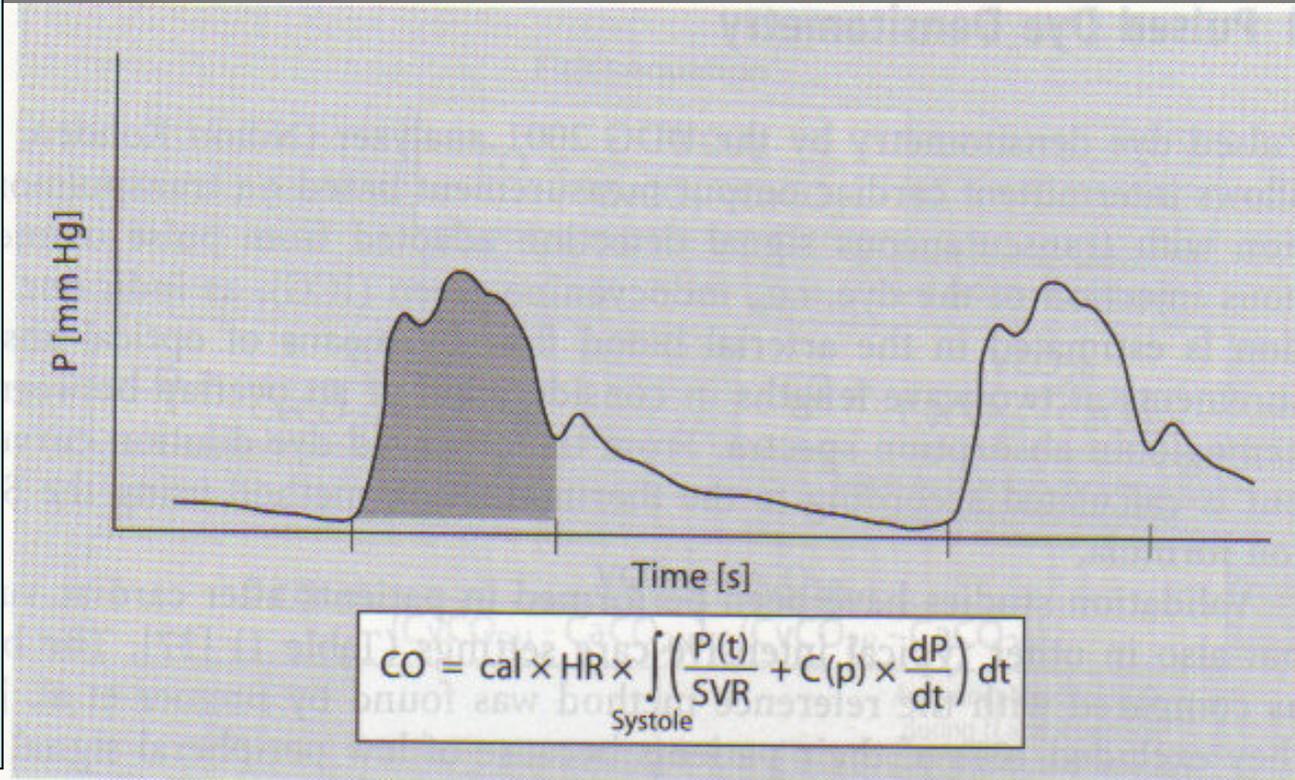


Fig. 3. Principle of cardiac output (CO) assessment by pulse contour analysis using the PiCCOplus system. Cal: specific calibration factor determined by transpulmonary thermodilution; C(p): aortic compliance; P(t)/SVR: area under the pressure wave curve; dP/dt: shape of the pressure wave curve; SVR: systemic vascular resistance

Medición del CO / IC con

PiCCO



LiDCO / Flo Trac



PiCCO: más datos, calibración por termo dilución, catéter arterial central.

LiDCO: calibración con litio, catéter periférico

Flo Track: Sin calibración, catéter periférico, menos fiable

FLO-TRACK = LIDCO rapid

- Información que proporciona:

- GC / IC.

- PA (S/D/M)

- PVC

- RVS

- V.V.S. con la VM.

Hofer C.K, Zollinger A. Less Invasive Cardiac Output Monitoring: Characteristics and Limitations. En: 2006 yearbook of intensive care. J.L. Vincent

Table 1. Recent study results comparing less invasive cardiac output (CO) measurements with the intermittent thermodilution technique by the pulmonary artery catheter (PAC)

| | Setting | Pat Non | Bias ± 2SD l/min (l/min/m ²) # | Correlation r ² | |
|--------------------------------|---------|------------|--|-------------------------------|--|
| TEE | | | | | |
| Bettex et al. [9] | CS ICU | 30 | -0.21 ± 2.26 1.12 ± 2.68 1.55 ± 2.92 -0.41 ± 2.30 | - - - - | on-line CW-Doppler: aortic valve on-line PW-Doppler: aortic valve on-line PW-Doppler: left ventricular outflow tract on-line Simpson |
| Zhao et al. [10] | CS OR | 26 | 0.07 ± 0.86 0.12 ± 0.98 0.17 ± 0.82 | 0.70 0.76 0.77 | off-line PW-Doppler: aortic valve off-line PW-Doppler: left ventricular outflow tract off-line PW-Doppler: right ventricular outflow tract |
| Akamatsu et al. [12] | CS ICU | 30 | 0.01 ± 1.16 -1.47 ± 2.3 | 0.85 0.41 | automated CO assessment: mitral valve automated CO assessment: left ventricular outflow tract |
| Transesophageal Doppler | | | | | |
| Leather et al. [19] | UR OR | 14 | -0.89 ± 1.78/0.55 ± 3.75 | - | ODM II: before/after lumbar sympathetic blockade |
| Hullett et al. [16] | CS | 20 | -0.56 ± 1.28 | 0.38 | CardioQ |
| Kim et al. [18] | BU ICU | 20 | 0.77 ± 2.74 | 0.64 | CardioQ |
| Jaeggi et al. [17] | CS | 22 | 0.23 ± 1.60 # | 0.09 | HemoSonic 100 |
| Moxon et al. [21] | CS | 13 | -0.23 ± 2.12 | 0.66 | HemoSonic 100 |
| Pulse contour analysis | | | | | |
| Rodig et al. [27] | CS OR | 26 | -0.04 ± 2.02/1.20 ± 3.75 | - | PiCCO: old algorithm before/after phenylephrine |
| Goedje et al. [24] | CS ICU | 24 | 0.08 ± 2.62/-0.20 ± 2.40 | 0.53/0.77 | PiCCO: old/new algorithm |
| Della Rocca et al. [26] | LI OR | 62 | -0.11 ± 1.30/0.18 ± 1.55 | 0.86 ^s | PiCCO: CO <8 l/min/8 l/min,*total |
| Felbiger et al. [28] | CS ICU | 17 | -0.05 ± 0.24 # | 0.98 | PiCCO: new algorithm during rapid preload changes |
| Yamashita et al. [30] | CS OR | 23 | 0.71 ± 2.65/0.30 ± 1.97 0.76 ± 3.86 | 0.49/0.52 0.55 | PulseCO: before/after sternotomy PulseCO: end of surgery |

Hofer C.K, Zollinger A. Less Invasive Cardiac Output Monitoring: Characteristics and Limitations. En: 2006 yearbook of intensive care. J.L. Vincent

Table 1 (continued)

| | Setting | Pat Non | Bias \pm 2SD l/min (l/min/m ²) ^a | Correlation r ² | |
|---|---------|------------|---|---------------------------------------|--|
| Pulsed dye dilution | | | | | |
| Bremer et al. [35] | CS ICU | 58 | -0.39 \pm 1.00 | 0.93 | nose sensor |
| Hofer et al. [36] | CS ICU | 31 | -0.53 \pm 1.28 ^b -0.08 \pm 1.56 ^d | 0.04 0.20 | finger sensor nose sensor |
| Sakka et al. [37] | ICU | 16 | -0.80 \pm 3.40 | 0.41 | nose sensor |
| Partial carbon dioxide re-breathing | | | | | |
| Odenstedt et al. [40] | ICU | 15 | -0.05 \pm 1.92 | 0.81 | |
| Kotake et al. [41] | CS OR | 28 | -0.58 \pm 1.90 | 0.64 | PAC intermittent vs. continuous: bias \pm 2SD = 0.38 \pm 2.34 |
| Mielck et al. [42] | CS ICU | 22 | -0.64 \pm 2.78 | — | |
| Tachibana et al. [44] | CS ICU | 25 | 0.09 \pm 2.00 -0.67 \pm 1.46 / -1.73 \pm 2.54 0.18 \pm 2.82 | • 0.20 • • 0.62/0.32 • • 0.05 • | tidal volume: 12ml/kg, RR 10/min tidal volume: 6ml/kg, RR 20/min/RR10/min SIMV-PSV |
| Rocco et al. [43] | ICU | 12 | -0.01 \pm 0.80 / -2.30 \pm 2.4 | • 0.90/0.38 • | low shunt (Qs/Qt < 20%) / high shunt (Qs/Qt > 35%) |
| Bioimpedance | | | | | |
| Sageman et al. [46] | CS ICU | 20 | -0.07 \pm 0.80 ^d | 0.86 | TEB: BioZ |
| Spiess et al. [47] | CS ICU | 47 | -0.28 \pm 1.34 ^b | 0.49 | TEB: BioZ |
| Hirschl et al. [48] | ICU | 29 | 0.61 \pm 1.49 ^b | — | TEB: Cardioscreen |
| Cotter et al. [49] | mixed | 122 | 0.001 \pm 1.36 ^d | 0.77 | WHEB: NiCaS |
| Imhoff et al. [50] | ICU | 22 | 1.62 \pm 4.64 | 0.08 | WHEB: NiCaS |

BU: burn; CS: cardiac surgery; CW: continuous wave; ICU: intensive care unit; LI: liver transplantation; OR: operating room; PSV = pressure support ventilation; PW: pulsed

Determinantes de la perfusión / oxigenación tisular

Precarga / Poscarga / Contractilidad



VS x FC



RVS x GC x CaO₂ (Hb, CaO₂)

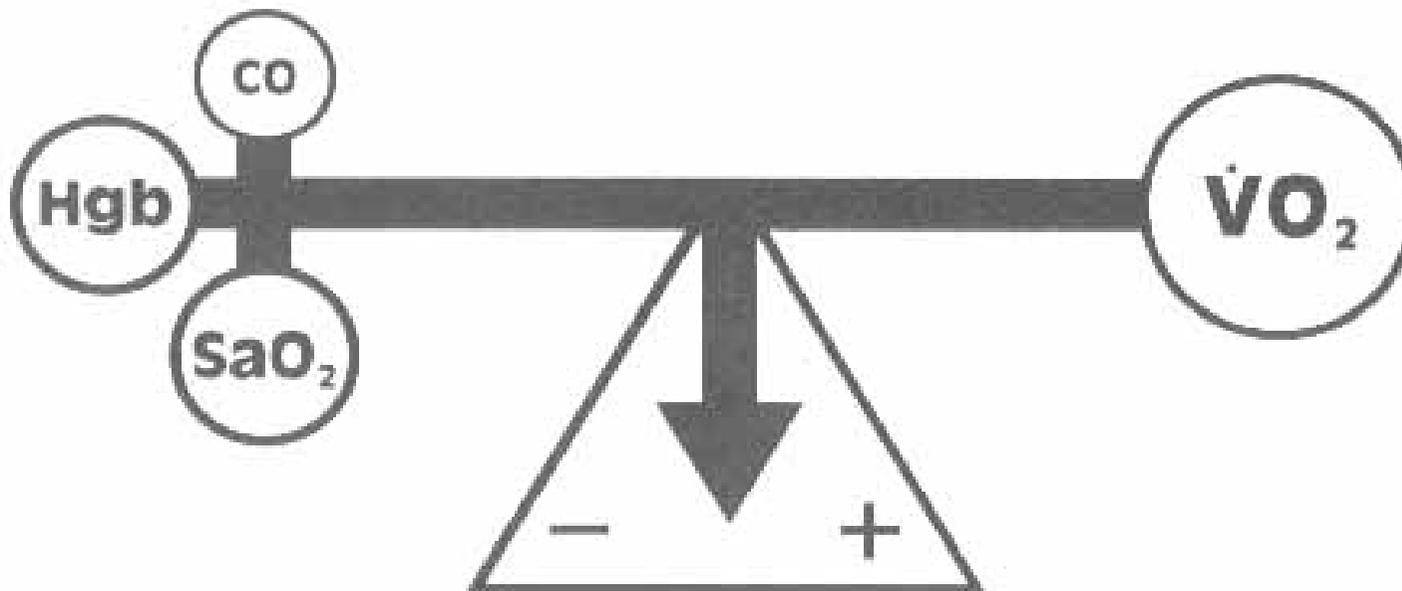


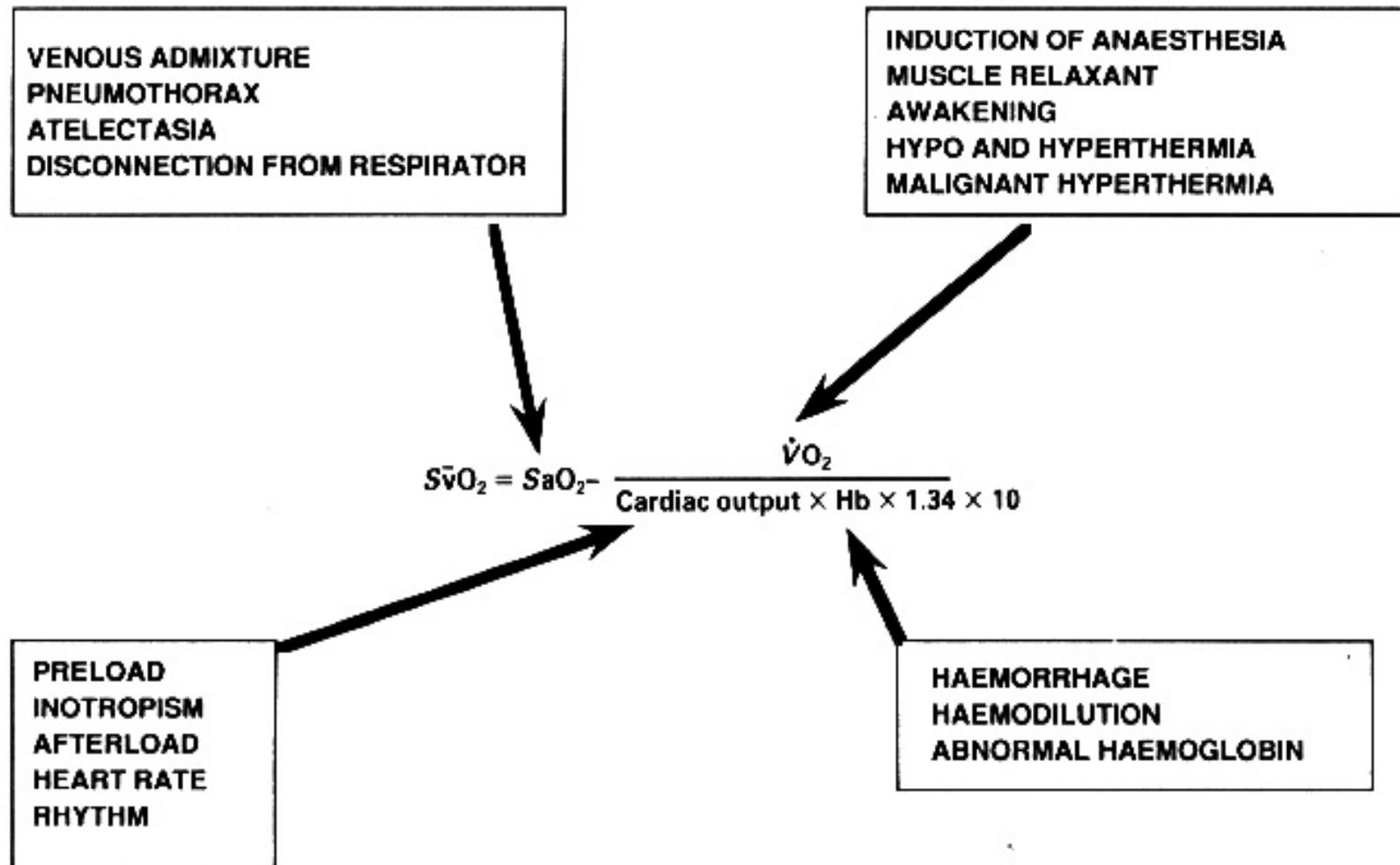
PA



DO₂ / VO₂ (*SvO₂*)

SvO₂





Determinants of mixed venous oxygen saturation ($S\bar{v}O_2$) and its major causes of variation intra- and post-operatively. SaO_2 = arterial oxygen saturation; $\dot{V}O_2$ = oxygen consumption; Hb = concentration of haemoglobin ($g\ dl^{-1}$).

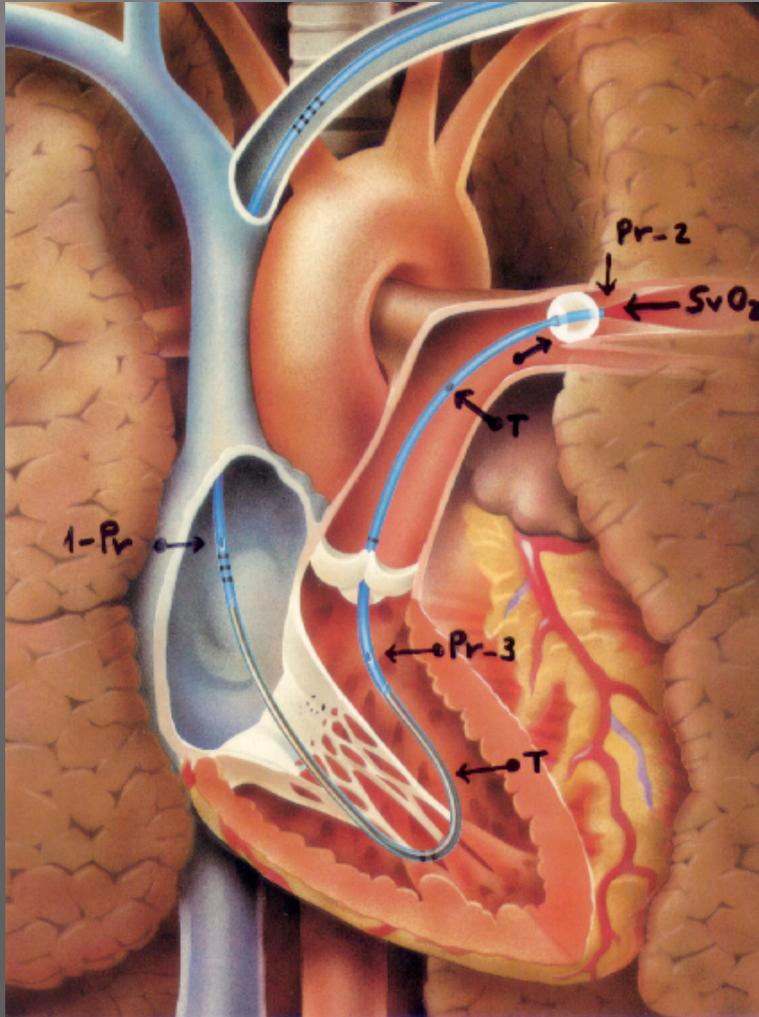
$$DO_2 = IC \times 13,4 \times Hb \times SaO_2.$$
$$VO_2 = IC \times 13,4 \times Hb \times (SaO_2 - SvO_2)$$

- $SvO_2 / SvcO_2$: 70-75 %.
- DO_2 : 520-570 ml/min.m²
- VO_2 : 110-160 ml/min.m²

SvO₂

/

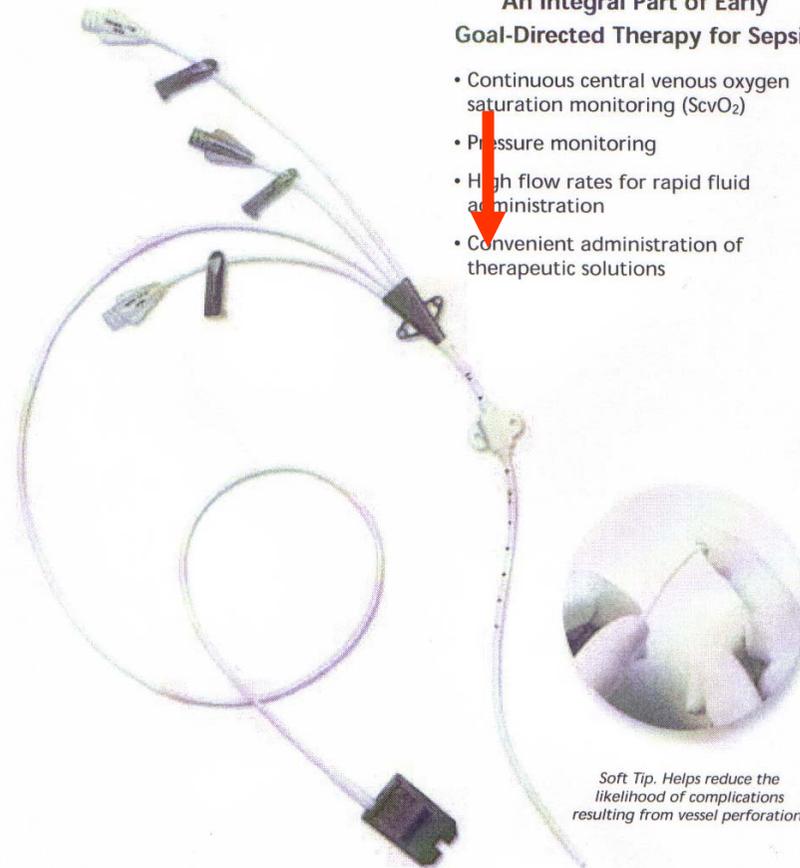
ScvO₂



PreSep Central Venous Oximetry Catheter

An Integral Part of Early Goal-Directed Therapy for Sepsis

- Continuous central venous oxygen saturation monitoring (ScvO₂)
- Pressure monitoring
- High flow rates for rapid fluid administration
- Convenient administration of therapeutic solutions



Soft Tip. Helps reduce the likelihood of complications resulting from vessel perforation.

SvO2 / ScvO2

- Problemas
- $ScvO2 \neq SvO2$.
- $SvO2 > 70$ no siempre indica buena oxigenación tisular.
- Ventajas:
- Continua ?.
- Precocidad

Hay que saber que:

1) Depende de $DO2$ (Hb, SaHb, GC) y $VO2$.

1) Valoración Global

Determinantes de la perfusión / oxigenación tisular

Precarga / Poscarga / Contractilidad



VS x FC



RVS x GC x CaO₂ (Hb, CaO₂)



PA



DO₂ / VO₂

Manejo hemodinámico de la hipoperfusión tisular: Que?, Dosis?

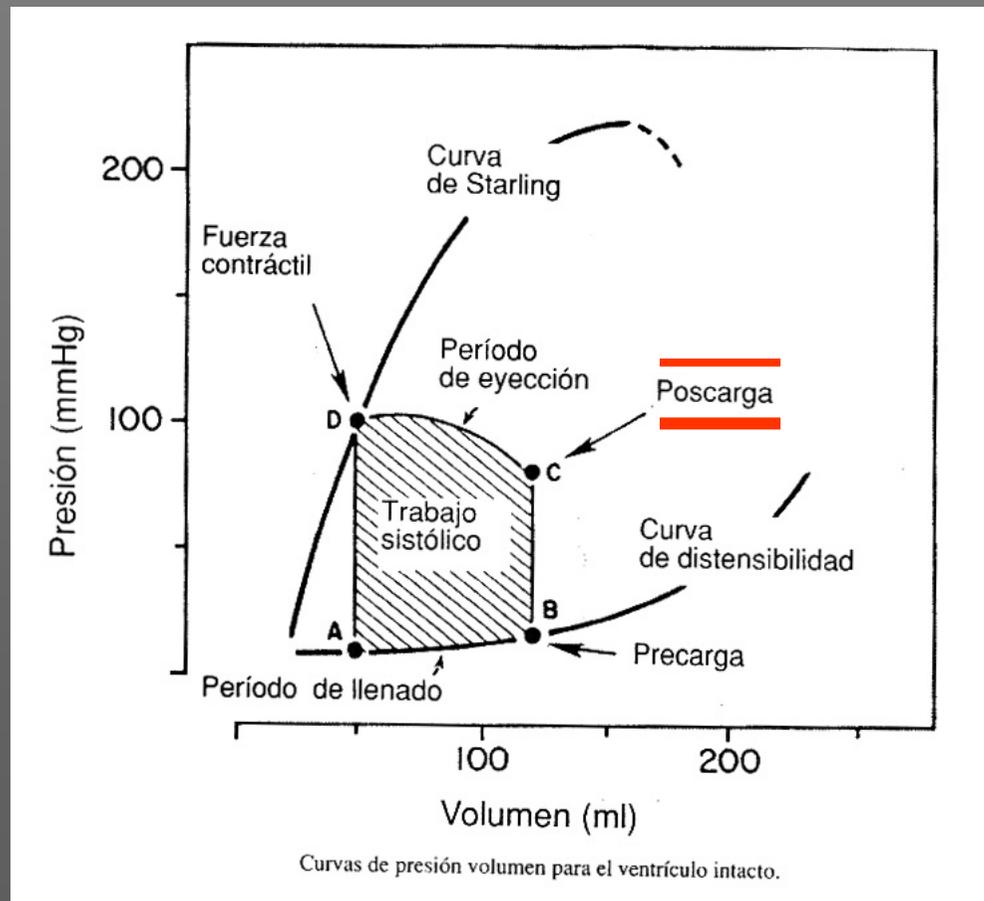
- * Volumen → Precarga optima (¿ ... ?).
Evitar ⇒ edema pulmonar, ↑ poscarga.
- * Inotrópicos → IC > ¿ 2,5 - 4,5 L/min/m² ? .
Peligro ⇒ ↑ FC, arritmias, ↑ CMO₂, isquemia miocárdica, hipertrofia obstructiva.
- * **Vaso dilatadores** ⇒ ↓ RVS y/o RVP.
Problema ⇒ ↓ PAM
- * **Vaso presores** → ↑ PAM 60-90 mm Hg..
Peligro ⇒ ↓ GC, isquemia miocárdica, isquemia intestinal (↓ pHi / PCO₂-g / ShO₂)



- Poscarga:
 - * Tensión desarrollada durante la sístole.
 - * Lo que se opone a la eyección ventricular

Poscarga:

- * Tensión desarrollada durante la sístole.
- * Lo que se opone a la eyección ventricular

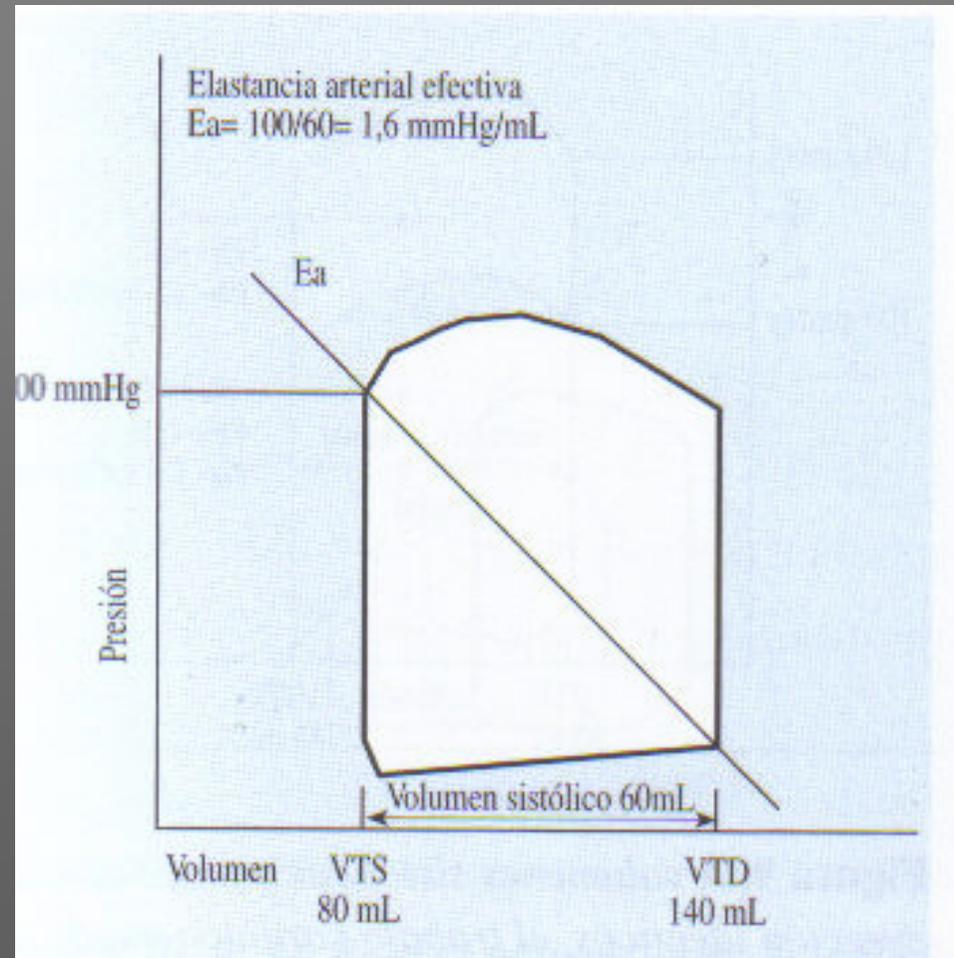


Poscarga (factores condicionantes)

- P. Transmural = P. Intracavitaria - P. Pleural.
- Tensión durante la sístole (T) = $P \times R / e$ (Laplace).
P. Transmural al final de la sístole x Radio al final de la diástole / espesor de la pared ventricular.
(la precarga (R)) influye en la poscarga).
- Las RVS, compliance arterial y la resistencia de la válvula aórtica condicionan la poscarga.

Medición de la POSCARGA

- Elastancia arterial efectiva (Ea) = Presión telesistólica / Volumen sistólico (mm Hg / ml).
- **RVS.**
- **PAP/ RVP.**



Medición de la POSCARGA

- $RVP = (PAPM - PAPO) \times 80 / \underline{GC}$
- 150 - 250 dinas · seg / cm⁵.
- $RVS = (PAM - PVC) \times 80 / \underline{GC}$
- 800 - 1.600 dinas · seg / cm⁵.
- PAP mm Hg: S (15-30), D (4-12) y M (15-20).

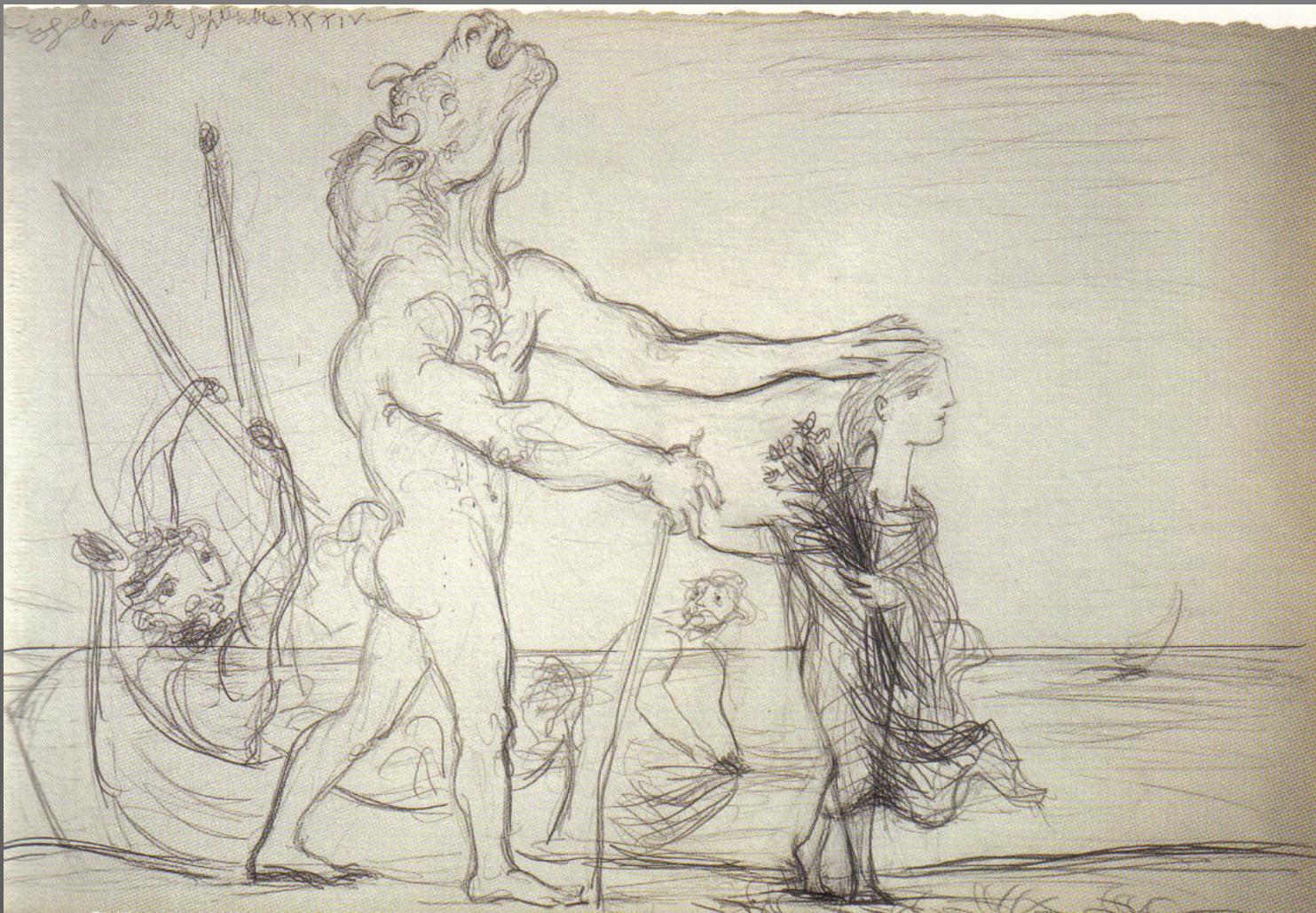
Modificación de la poscarga

- Impedancia:
 - Vaso: dilatadores / constrictores.
 - Estenosis aórtica (RVAo).
 - BCIA.
- Modificando la precarga.
- Presión pleural: VM (+) vs espontánea (negativa)

VM y gasto cardiaco

- La VM ↓ el GC cuando la precarga es baja (hipovolemia, taponamiento cardiaco, etc.).
- Con la VM mejora la función cardiaca, cuando la precarga es alta y hay mala función cardiaca (edema pulmonar cardiogénico):  poscarga

Objetivos de la Monitorización hemodinámica:
diagnosticar, prevenir, tratar, ↓ morbi-mortalidad.



Sesion SARTD-CHGUV 13-01-09

Si no sabemos a que puerto
dirigirnos, ningún viento
nos será favorable.

(Séneca)