



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



INTEGRACIÓN DE VARIABLES HEMODINÁMICAS EN EL PACIENTE CRÍTICO

Dr José Tatay Vivó (adjunto SARTD)
Dra Clara Fernández (r2 SARTD)

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



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 7 de Febrero de 2017

Paciente crítico

Paciente con alteraciones fisiopatológicas que han alcanzado un nivel de gravedad tal que representan una amenaza actual o potencial para su vida, y al mismo tiempo, son susceptibles de recuperación.

Unidad de cuidados intensivos. Estándares y recomendaciones. Informes, estudios e investigación 2010. Ministerio de Sanidad y Política social.



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 7 de Febrero de 2017**

Indicaciones de la monitorización hemodinámica

PACIENTE CRÍTICO →

DISOSXIA TISULAR

Signos de hipoperfusión:

- Hiperlaticidemia
- Acidosis metabólica
- Saturación O₂ venosa central

HIPOXEMIA GRAVE
INICIAL- FALLO
CARDIACO –
PROBLEMAS CP
COMPLEJOS

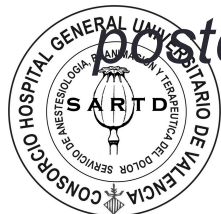


Objetivo de la monitorización hemodinámica

GUIAR LA REANIMACIÓN

→ GASTO CARDIACO (4-6.5 l/min)

- Proporciona información sobre la causa del shock y del fallo multiorgánico.
- Evalúa la función cardíaca global.
- Integrarlo con otras variables hemodinámicas (*Precarga, postcarga, contractilidad*) → VS y FC



Monitorización hemodinámica

-Gran variedad de métodos dirigidos a monitorizar el GC.



ANÁLISIS DE LA ONDA DE PULSO: Directamente proporcional al VS e inversamente proporcional a la complianza aórtica y que mediante unos complejos algoritmos nos proporciona información sobre los determinantes del GC y el GC en sí.

Monitorización HMD invasiva

CATÉTER EN LA ARTERIA PULMONAR

GOLD ESTÁNDAR (1970)

- GC por termodilución. → HTTP y ventrículo derecho
- PAP- POAP, DO₂ y VO₂.
- Descendido su uso → invasividad → complicaciones.

COMPLICACIONES

- Hemorragia.
- Trombosis.
- Punción arterial
- Arritmias
- Rotura de la arteria pulmonar
- Infarto pulmonar
- Neumotórax/hemotórax
- Infecciones.



Monitorización HMD semiinvasiva

FLOTRAC / VIGILEO.

- Análisis del contorno de la onda de pulso.
- GC, VS, VVS y RVP(estático).
- Opción de monitorizan la Saturación venosa central.

VENTAJAS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none">-No necesita calibración.-Fluidoterapia guiada por objetivos.-Menor nº de complicaciones y estancia hospitalaria.-Arteria radial.	<ul style="list-style-type: none">-Obesos.-Amortiguación de la onda de pulso.-No validado en dispositivos de asistencia ventricular o balón de contrapulsación.-Insuficiencia aórtica.-Cambios de volemia y/o tono vascular-Arritmias y ventilación espontánea



Monitorización HMD semiinvasiva

TERMODILUCIÓN TRANSPULMONAR

INYECCIÓN DE BOLOS DE SUERO FRÍO A TRAVÉS DE UN CVC Y DETECCIÓN DEL CAMBIO DE TEMPERATURA POR UN SENSOR SITUADO EN UNA VÍA ARTERIAL.

Stewart –Hamilton



VOLUME VIEW / PICCO

-Utiliza variables volumétricas y de GC para evaluar componentes que estimen precarga y contractilidad.

VARIABLES FLUJO

- ◆ GC continuo.
- ◆ VVS, VS, VPP.

VARIABLES VOLUMÉTRICAS

- ◆ GEDV. (volumen telediastólico global).
- ◆ ITBV (Índice de volumen sanguíneo intratorácico).

Otros parámetros:

- ◆ RVP .
- ◆ IFC (índice de función cardiaca).
- ◆ EVLW (agua pulmonar extravascular)
- ◆ PVPI (Índice de permeabilidad vascular pulmonar)

VENTAJAS

- Información continúa.
- Ventilación mecánica.
- Edema pulmonar.
- Manejo hemodinámico fino.

DESVENTAJAS

- Calibraciones frecuentes.
- Invasivo.
- Datos poco fiables (FE baja, shunts cardíacos y arritmias graves).
- Variaciones térmicas extremas.
- Dispositivos de filtración extracorpórea.

de Formación Continua
de Febrero de 2017

Monitorización HMD semiinvasiva

LITODILUCIÓN

INYECCIÓN DE UN BOLO DE LITIO EN VP O CVC QUE ES DETECTADO POR UN ELECTRODO SITUADO EN UNA VÍA ARTERIAL

-Detecta la concentración de litio en sangre arterial y estima el GC usando un el AUC de concentración-tiempo.

-Limitaciones → Tratamiento con litio.
Uso de RMND.
Shunts intracardiacos.



ECOCARDIOGRAFÍA

- Dispositivo de monitorización que permite la medición precisa de variables hemodinámicas de una forma no invasiva.
- Se ha demostrado su utilidad no solo como método diagnóstico si no como factor determinante en el manejo terapéutico.
- UCI → Cambia el manejo terapéutico y el diagnóstico en el 30-60% de los casos.
- El desarrollo tecnológico permite que la mayoría de pacientes puedan estudiarse vía transtorácica.



ECOCARDIOGRAFÍA

-Herramienta útil en la evaluación de la función cardiovascular del paciente crítico.

2 TIPOS

Ecografía transtorácica

Ecografía transesofágica

APPROPRIATE USE CRITERIA

ACCF/ASE/AHA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011 Appropriate Use Criteria for Echocardiography

A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Critical Care Medicine, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance

Endorsed by the American College of Chest Physicians

INDICACIÓN A

- Estudio de la función circulatoria en el shock.
- Hipotensión e inestabilidad hemodinámica.



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 7 de Febrero de 2017

ECOCARDIOGRAFÍA

1. ¿Cómo es la función ventricular izquierda?

-Aproximación visual → VI dilatado y/o alteración de la contractilidad. (*moderado/severo*).

-Imagen bidimensional + modo M → DTs y DTd → FA y FE.
(Depende de precarga y contractilidad, asume que la contractilidad es simétrica)

-Limitaciones

- Alteraciones estructurales y funcionales cardíacas (C. Isquémica).
- Plano de corte inadecuado .

-Modelo de elección → Método de Simpson.

$$FE = (EDV - ESV) / EDV$$

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 7 de Febrero de 2017



ECOCARDIOGRAFÍA

2. ¿Cómo es la función ventricular derecha?

Embolismo pulmonar, SDR y taponamiento cardíaco.

Tabla 2 Parámetros ecocardiográficos en la valoración de la función ventrículo derecho y de la presión venosa central

Evaluación función ventricular derecha

Nivel básico. Descartar *cor pulmonale* agudo:

Dilatación VD y relación VI.

Movimiento septal paradójico

TAPSE

Dilatación vena cava inferior, no colapsable

Nivel avanzado. Valorar función VD.

Dimensiones VD y AD

Función sistólica y ASC

Flujo de arteria pulmonar: Tipo y tiempo aceleración

Presión sistólica arteria pulmonar por IT

Doppler tisular DTI

Vena cava inferior y presión aurícula derecha

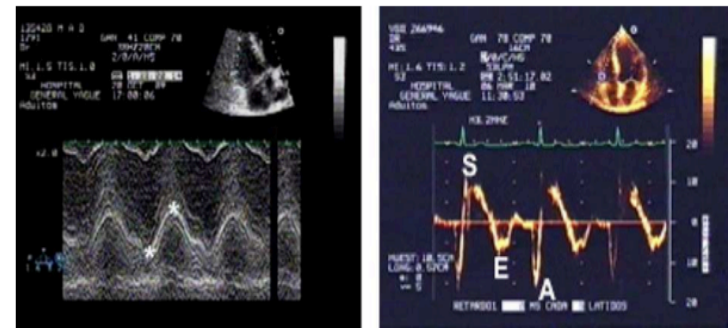


Figura 2 Desplazamiento sistólico del anillo tricúspide (TAPSE) representado entre los dos asteriscos (1) y registro de la velocidad de la onda sistólica mediante Doppler tisular (2) mostrando una onda sistólica (S) y dos retrogradas E y A. Registros normales.

ECOCARDIOGRAFÍA

3. ¿El gasto cardíaco está normal o disminuido?

GC → estima la función global del sistema CV → VS x FC.

$$VL = A \times IVT$$

- Área más utilizada → anillo valvular aórtico.
- Buena correlación con determinaciones invasivas.

-Limitaciones:

- Gran variabilidad individual.
- Requiere un TSVI normal.
- Ausencia de insuficiencia aórtica.
- Adecuada medición del anillo valvular aórtico



ECOCARDIOGRAFÍA

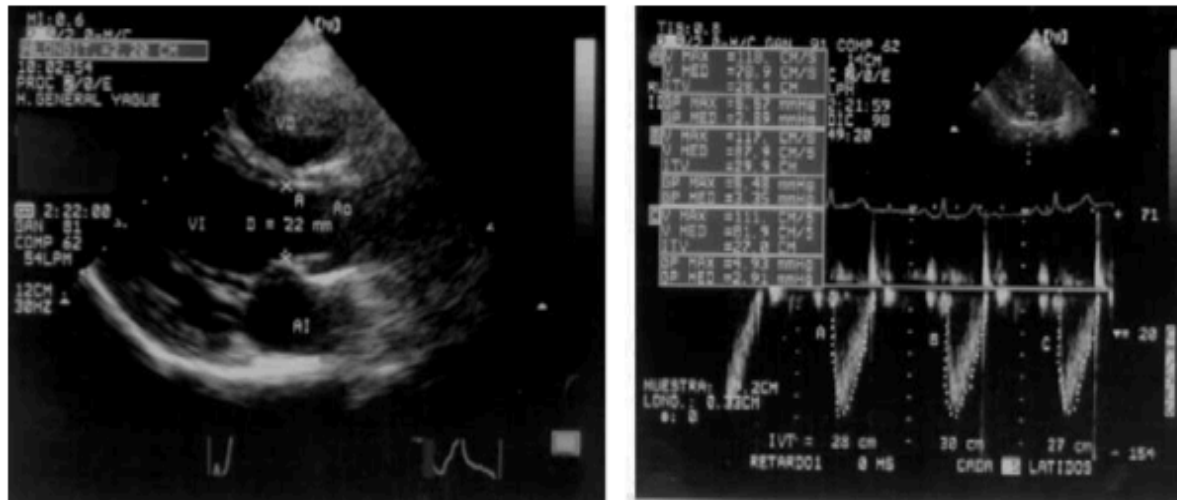


Figura 3 Obtener el diámetro del tracto de salida de VI en plano parasternal longitudinal (1) y estimar el área ($0,785 \times 2,2^2 = 3,79 \text{ cm}^2$). Seguidamente (2) registrar el flujo del tracto de salida de VI (TSVI) mediante Doppler pulsado, en plano apical de cinco cámaras y obtener VTI (en la imagen se han registrado tres mediciones con media de 24 cm). El volumen latido (VL) = $3,79 \times 24 = 91 \text{ ml}$.

ECOCARDIOGRAFÍA

4. ¿Podemos estimar las presiones de llenado?→SI

- Indicador de la precarga del VI.
- Similar a la presión de enclavamiento medida por CAP.
- Estimando la PCP mediante parámetros de función diastólica obtenidos por ecocardiografía doppler.

Flujo de
llenado
mitral
(E/A)

Velocidad de
propagación de
la onda E
mediante
doppler en
modo M (Vp)

Doppler
tisular

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 7 de Febrero de 2017



Estimación de presiones de llenado

Flujo de llenado mitral

- **$E/A > 2$** → PCP elevada.
- Limitación: FE no deprimida, alteración de FC y edad avanzada.

Velocidad de propagación de la Onda E

- **$E/Vp > 2,5$** → PCP > 15 mmHg (FA, miocardiopatía dilatada e hipertrófica, estenosis o prótesis mitral y FE preservada)

Doppler tisular

- **$E/e' > 15$** → PCP > 15 mmHg (valores entre 8 y 15 → bajos VP).
- Validado en taquicardia sinusal, FA y miocardiopatía hipertrófica.
- Limitaciones: Estenosis, prótesis o calcificación mitral, insuficiencia mitral moderada/severa y acinesia posterolateral.

Tabla 3 Índices ecocardiográficos en la valoración de las presiones de llenado del ventrículo izquierdo

Índices que sugieren PCP elevada

Relación E/A ≥ 2

Tiempo deceleración onda E llenado mitral < 150 msec

TD de la onda diastólica del FVP ≤ 160 msec

Relación duración reverso onda FVP y onda A mitral

($AP_{dur} > A_{dur}$)

E/VP > 2,5 \rightarrow PCP: 15 mmHg

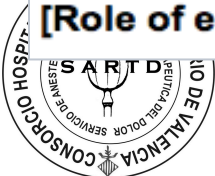
$100 / [(2 \times TRIV) + Vp] > 5,5 \rightarrow$ PCP: 15 mmHg

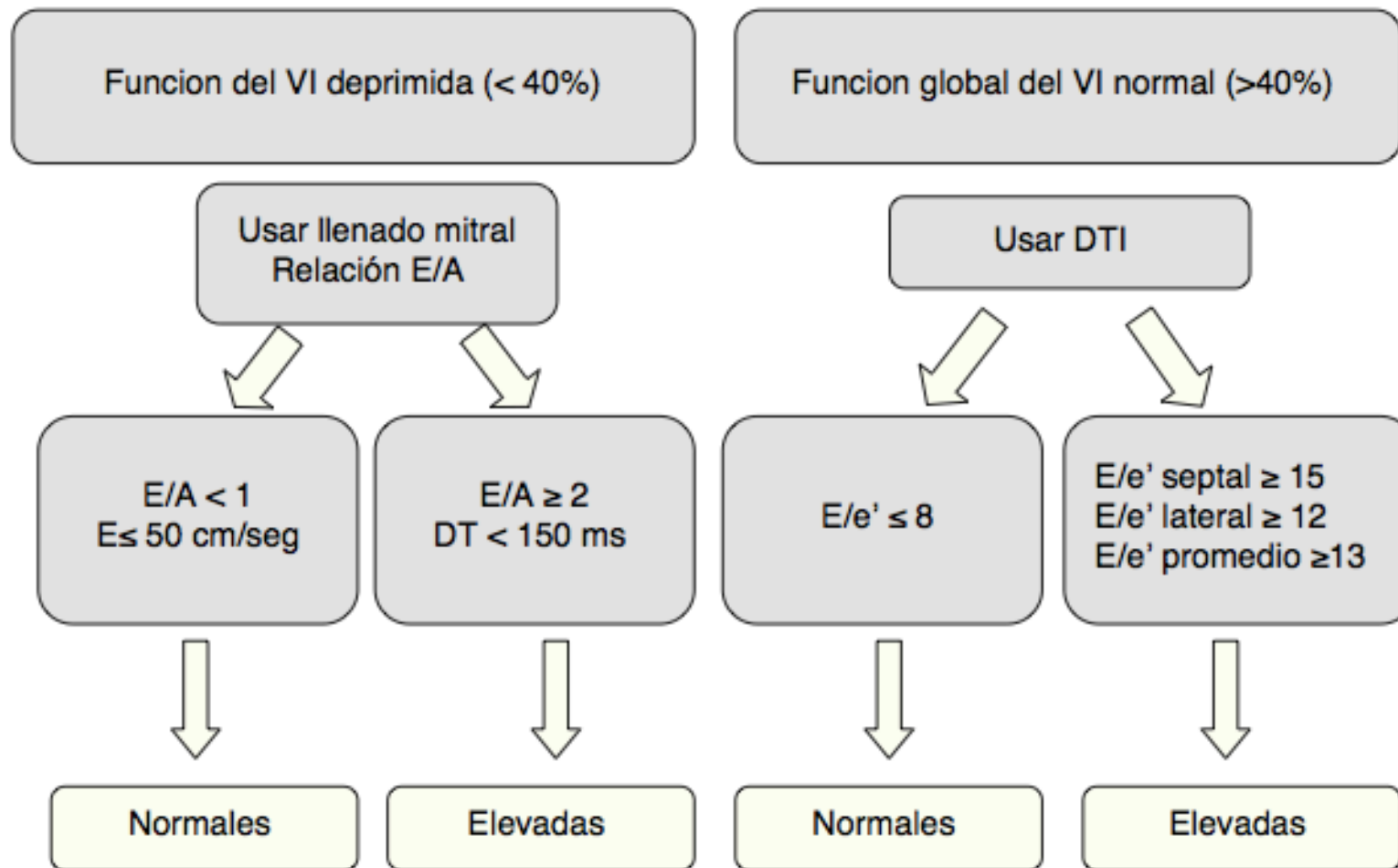
E/e' > 15 \rightarrow PCP: 15 mmHg

Med Intensiva. 2012 Apr;36(3):220-32. doi: 10.1016/j.medin.2011.11.025. Epub 2012 Jan 18.

[Role of echocardiography in the hemodynamic monitorization of critical patients].

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 7 de Febrero de 2017





Med Intensiva. 2012 Apr;36(3):220-32. doi: 10.1016/j.medin.2011.11.025. Epub 2012 Jan 18.

[Role of echocardiography in the hemodynamic monitorization of critical patients].



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 7 de Febrero de 2017

ECOCARDIOGRAFÍA

5 ¿Es el corazón dependiente de la precarga?

- **Análisis del diámetro de la vena cava inferior.**

VCI > 12% → paciente respondedor.

- **Análisis de la variabilidad del diámetro de la vena cava superior.**

VVCS > 36% → paciente respondedor (S 90% E 100%)

- **Análisis de la variación del pico de la velocidad del flujo aórtico.**

VPV > 12% → paciente respondedor.

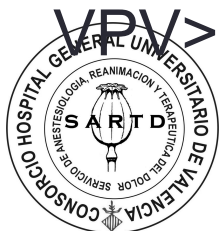


Tabla 1. Parámetros estimados o medidos por Ecocardiografía

PARÁMETRO	PARÁMETROS
El gasto cardiaco	GC
La presión de arteria pulmonar	PAP
Las presiones de llenado y distintos parámetros predictores de la respuesta a volumen	PVC, presiones de las 4 cámaras cardiacas Indirectamente HTP.
Estimadores de contractilidad	Fracción de acortamiento y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (dP/dt Max FEVI)
La velocidad máxima de la onda del Doppler tisular a nivel del anillo mitral o tricuspídeo	Onda S
El desplazamiento sistólico del anillo de la válvula tricúspide para valoración de la función ventricular derecha.	Tricúspide Annular Plane Systolic excursión, (TAPSE)

ECOCARDIOGRAFÍA



ECOGRAFÍA BÁSICA → Valoración inicial del shock

- Función ventricular izquierda y derecha.
- Taponamiento cardíaco.
- Anomalías estructurales.
- Grado de hipovolemia

DIAGNÓSTICO
ETIOLÓGICO

ECOGRAFÍA AVANZADA

- Situaciones de shock en las que haya insuficiente respuesta terapéutica o haya que profundizar más en la etiología.



Indicaciones ETE

- ◆ Ventilación mecánica con presión positiva.
- ◆ Edema importante.
- ◆ Obesidad.
- ◆ Disección aórtica o cirugía de aorta.
- ◆ Trombos intracavitarios.
- ◆ Diagnóstico de shunts intracardíacos.
- ◆ Inestabilidad hemodinámica o respiratoria de causa no determinada.
- ◆ Transplante pulmonar o hepático.
- ◆ Traumatismos abdominales o torácicos graves.



Tabla 2 Comparación de las distintas técnicas de monitorización hemodinámica

SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	Variables ESTÁTICAS	Variables DINÁMICAS
CAP	<ul style="list-style-type: none"> -Muy validada -Información GC, Presiones Intratorácicas, SvO2, DO2, VO2. -Gold standard 	<ul style="list-style-type: none"> -Invasivo -Más complicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> -PVC -PAP -PAPO 	
PiCCO	<ul style="list-style-type: none"> -Información continua -Medición de volúmenes -Edema pulmonar -Manejo hemodinámico fino 	<ul style="list-style-type: none"> -Mínimamente invasivo -Recalibraciones frecuentes. -Datos poco fiables en caso de baja FE, Aorta, Shunt intracardíacos, arritmias graves. -VVS no válido en caso de ventilación mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> -GEDV -EVLW -PVPI -GEF -dpmax. 	<ul style="list-style-type: none"> -VVS -VPP
LIDCO	<ul style="list-style-type: none"> -Poco invasivo -Cualquier vía arterial y venosa -Información continua 	<ul style="list-style-type: none"> -Mínimamente invasivo -Interferencia con sales de litio y relajantes no despolarizantes 	<ul style="list-style-type: none"> -ITBV 	<ul style="list-style-type: none"> -VVS -VPP
FloTrac/Vigileo	<ul style="list-style-type: none"> -Continuo -No requiere calibración 	<ul style="list-style-type: none"> -Validación en pacientes con RVS disminuidas -No validado en pacientes con dispositivos de asistencia ventricular o balón de contrapulsación Ao. 		<ul style="list-style-type: none"> -VVS
VolumeView	<ul style="list-style-type: none"> -Información continua -Medición de volúmenes -Medidas de edema pulmonar y permeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> -Escasos estudios de validación 	<ul style="list-style-type: none"> -EVLW -PVPI -GEDV -GEF 	<ul style="list-style-type: none"> -VVS
Ecocardiografía	<ul style="list-style-type: none"> -Mínimamente invasivo -Rápida colocación y aplicación de técnica. -Aporta datos de contractilidad, GC. -Diagnóstico de patologías concretas (taponamiento, 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponibilidad de pocos estudios en críticos - Operador dependiente -Largo aprendizaje - No método continuo 		<ul style="list-style-type: none"> - GC -FEVI -Contractilidad -PAP(estimada)

INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES

→ EXPANSIÓN DE VOLUMEN.

(disminución de hipoxia tisular vs aumento del balance hídrico)

MARCADORES DE PRECARGA:

ESTÁTICOS:

PVC / PAOP :

- Herramienta diaria.
- Fracaso en múltiples estudios (paciente respondedor de no respondedor)
- PVC o PAOP < 5 mmHg.

VOLUMEN TELEDIASTÓLICO GLOBAL Y DERECHO.

ÁREA TELEDIASTÓLICA DEL VI.

¿POR QUÉ?



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 7 de Febrero de 2017

MARCADORES DINÁMICOS

- VVS.
- Variación de presión de pulso.
- Variación de la velocidad del flujo aórtico (doppler).
- Variación del pico de velocidad en flujo aórtico (ecocardiografía).
- Variación de la vena cava superior e inferior.
- Índice de variabilidad pletismográfica.
- GC (*solo si los anteriores no son valorables*)

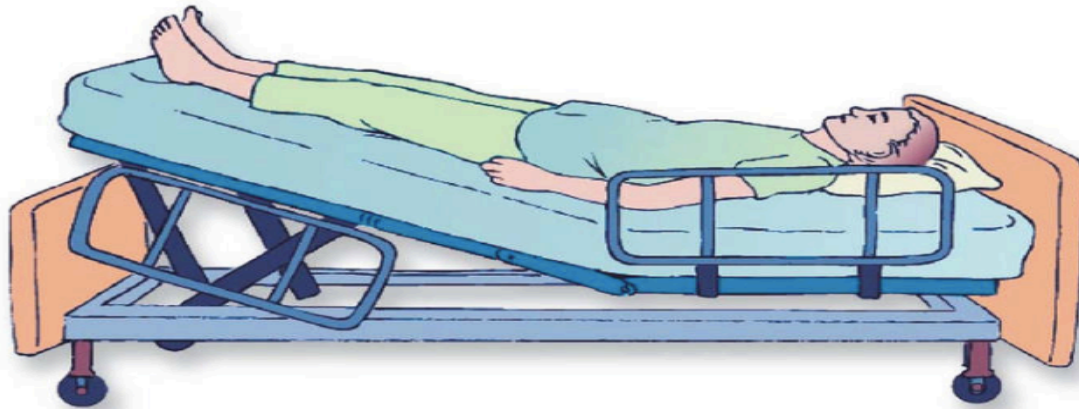
LIMITACIONES

- Ventilación mecánica controlada.
($<8\text{ml/kg} \rightarrow$ disminuye el VP)
- Ausencia de arritmias



ELEVACIÓN DE PIERNAS

- Elevar las piernas 45° .
- 1 min.
- Reproduce la administración de 300 ml.
- Un aumento del VS $>10-12\%$ \rightarrow predice un aumento del VS $> 15\%$ tras administración de fluidos.
- Ventilación espontánea y arritmias.



MARCADORES DE CONTRACTILIDAD

- FEVI
- GC.
- Índice de función cardíaca global.
- Fracción de eyección global.

Postcarga →
SEPSIS

Ecocardiografía

- Índice de Tei.
- dP/dt max.
- Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo.
- Velocidad máxima de la onda S.

MARCADORES DE POSTCARGA

- RV sistémicas y pulmonares.
- VPP/VVS → elastancia dinámica.

FEVI
Es el parámetro
fundamental de estimación
de contractilidad en la
práctica clínica



INTEGRACIÓN DE VARIABLES HMD

→ Ningún sistema de monitorización mejora el pronóstico por sí mismo.

2 tipos de variables



Variables objetivo de reanimación

Variables útiles en la toma de decisiones.



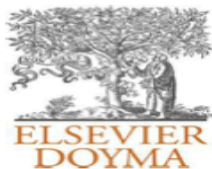
(PAM, lactato, Satvc)

SARTD-CI

HIPOVOLEMIA

DISFUNCIÓN VENTRICULAR

ALT RESISTENCIAS



DOCUMENTO DE CONSENSO

Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias



En conclusión, la tecnología disponible actualmente nos permite la combinación de diferentes técnicas de monitorización hemodinámica que aportan una información o un enfoque distinto sobre el mismo problema y nos ayudan a evaluar de una manera más precisa las alteraciones de la contractilidad y la poscarga que pueden estar presentes en los pacientes críticos.

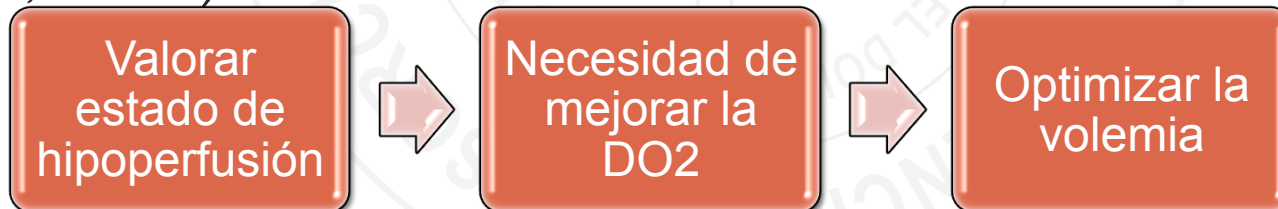


SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 7 de Febrero de 2017

¿CÓMO Y CUANDO?

1. MONITORIZACIÓN BÁSICA INICIAL.

- Anamnesis.
- Exploración física.
- ECG.
- SatO2.
- PA (*invasiva y continúa*)
- Una variable que informe del estado de oxigenación (*láctico, SvcO2*)



PVC



2. MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA CONTINUA.

(Respuesta insuficiente a las 3-6 horas de tratamiento agresivo / fallo multiorgánico)

Depende de →

- Factores propios del paciente. (VE y RS).
- Tecnología disponible en nuestro centro.
- Experiencia del equipo.
- Lugar.
- Coste- efectivo.

Sistema ideal →

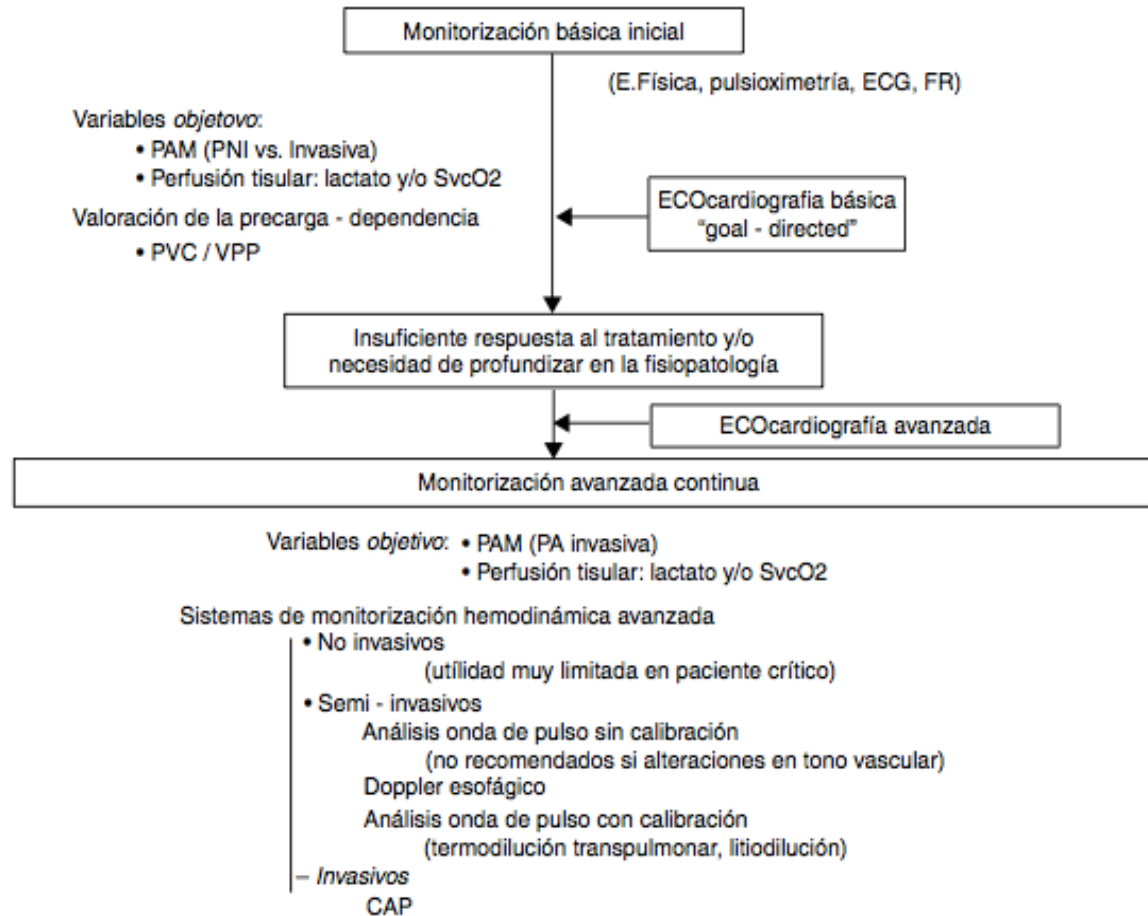
- Simple.
- Seguro.
- Versátil.
- Operador- independiente.
- Fiable.
- Preciso.



Elección del sistema de monitorización:

- Útil en las fases precoces de la reanimación y menos útil si el fallo orgánico está establecido.
- No siempre será un método no invasivo.
- Posibilidad de monitorización de los cambios hemodinámicos en periodos cortos de tiempo.
- CAP, aunque más invasivo es útil en situaciones de fallo de ventrículo derecho, HTP, cirugía cardiaca.
- Métodos de termodilución se consideran de elección en pacientes con lesión pulmonar aguda y distress respiratorio.
- Los sistemas sin calibración pierden fiabilidad cuando hay alteración del tono vascular.





Med Intensiva. 2014 Apr;38(3):154-69. doi: 10.1016/j.medin.2013.10.006. Epub 2013 Dec 2.

[Hemodynamic monitoring in the critically patient. Recomendations of the Cardiological Intensive Care and CPR Working Group of the Spanish Society of Intensive Care and Coronary Units].



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 7 de Febrero de 2017

CONCLUSIONES

- El impacto que la monitorización hemodinámica sobre nuestros pacientes no solo dependerá de la fiabilidad de los sistemas utilizados, sino también del **conocimiento de sus limitaciones**, así como de la **comprensión** de las bases fisiológicas e **interpretación** de las variables obtenidas.
- Ningún sistema de monitorización hemodinámica tendrá impacto positivo sobre el pronóstico del paciente crítico, a menos que vaya asociado a un tratamiento de probada eficacia.
- El futuro: sistemas de monitorización continua, no invasiva, en la cama del paciente: Ecocardiografía?



CONCLUSIONES

- En la fase inicial de evaluación del shock, la ecocardiografía básica es una herramienta extremadamente útil para obtener información sobre su etiología y puede ser de gran ayuda como guía y monitorización del tratamiento instaurado.
- En las situaciones de shock en las que haya una insuficiente respuesta terapéutica o se necesite profundizar en la fisiopatología del proceso, debería realizarse una ecocardiografía de nivel avanzado.
- En aspectos tales como la valoración del agua extrapulmonar (pacientes con distrés respiratorio), la monitorización de la función del corazón derecho (en pacientes bajo ventilación mecánica), hipertensión pulmonar de cualquier origen, etc. o la precisión de la perfusión tisular y el transporte y consumo de O₂ (DO₂/VO₂) son necesarios los sistemas actuales de monitorización junto con la ecocardiografía.



GRACIAS



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 7 de Febrero de 2017**