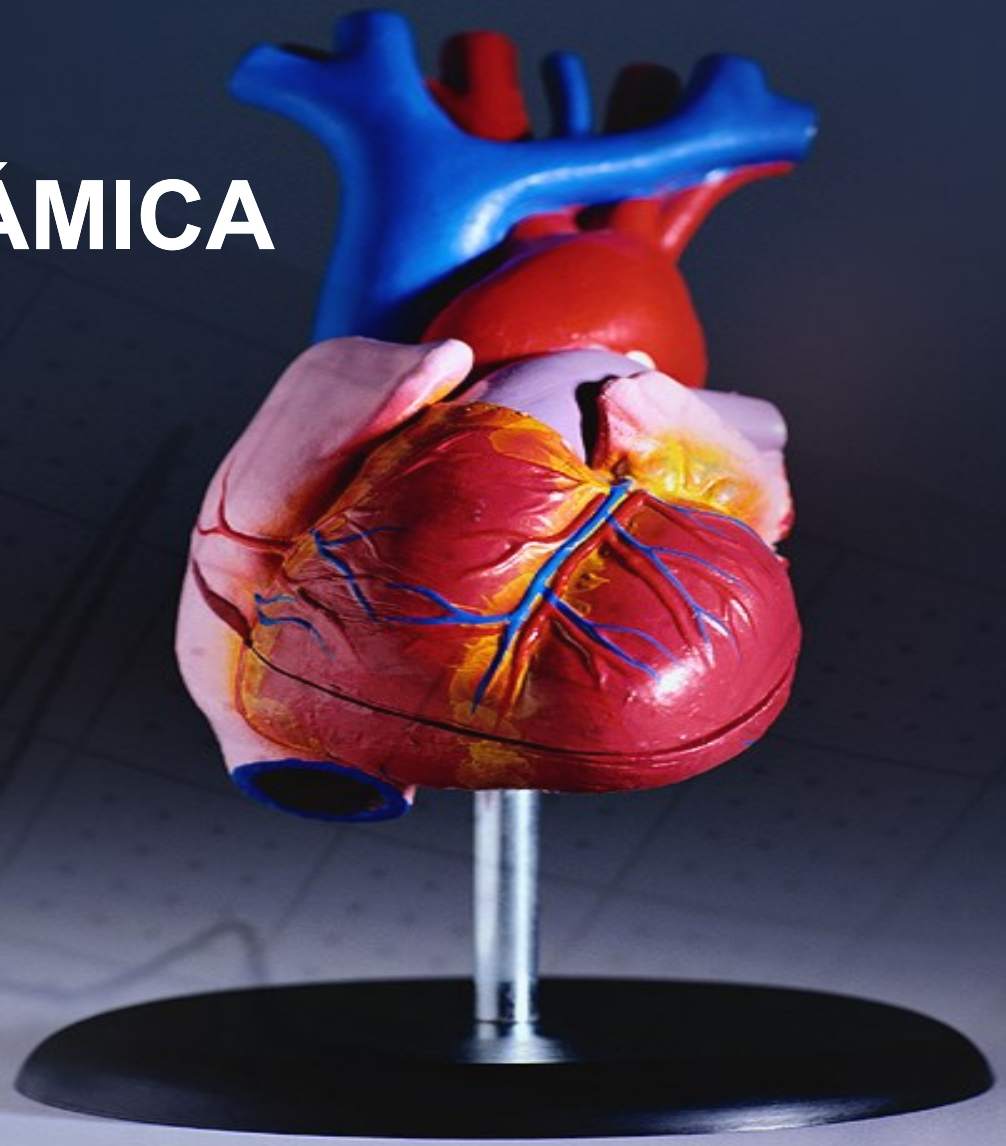
MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA EN PACIENTE CRÍTICO

DRA. SARA BERRÍOS OLMOS
RESIDENTE DE CIRUGÍA GENERAL
HOSPITAL CLÍNICO SAN BORJA-ARRIARÁN



ANÁLISIS DE BIBLIOGRAFÍA

Med Intensiva. 2012;36(6):434–444

ELSEVIER DOYMA

medicina *intensiva*

www.elsevier.es/medintensiva

PUESTA AL DÍA EN MEDICINA INTENSIVA. MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA EN EL PACIENTE CRÍTICO

Técnicas disponibles de monitorización hemodinámica. Ventajas y limitaciones

M.L. Mateu Campos[a,*], A. Ferrándiz Sellés[a], G. Gruartmoner de Vera[b], J. Mesquida Febrer[b], C. Sabatier Cloarec[b], Y. Poveda Hernández[c] y X. García Nogales[b]

[a] *Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario General de Castellón, Castellón, España*
[b] *Área de Críticos, Hospital de Sabadell, Institut Universitari Parc Taulí, Centro de Investigación Biomédica en Red (CIBER) en Enfermedades Respiratorias, Sabadell, Barcelona, España*
[c] *Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Santiago Apóstol, Vitoria, Álava, España*

Med Intensiva. 2014;38(3):154–169

medicina *intensiva*

www.elsevier.es/medintensiva

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

A. Ochagavía[a,*], F. Baigorri[a], J. Mesquida[a], J.M. Ayuela[b], A. Ferrándiz[c], X. García[a], M.I. Monge[d], L. Mateu[c], C. Sabatier[a], F. Clau-Terré[e], R. Vicho[f], L. Zapata[g], J. Maynar[h], A. Gil[d] y Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la SEMICYUC

[a] *Servicio de Medicina Intensiva, Hospital de Sabadell, CIBER Enfermedades Respiratorias, Corporació, Sanitària Parc Taulí, Institut Universitari Parc Tauli, Universitat Autònoma de Barcelona, Sabadell, Barcelona, España*
[b] *Servicio de Medicina Intensiva, Hospital de Burgos, Burgos, España*
[c] *Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario General de Castellón, Castellón, España*
[d] *Servicio de Cuidados Críticos y Urgencias, Hospital del SAS Jerez, Jerez de la Frontera, Cádiz, España*
[e] *Institut Reçerca, Hospital de Vall d'Hebron y Consorci Sanitàri Terrasa, Barcelona, España*
[f] *Servicio de Medicina Intensiva, Clínica USP-Palmaplanas, Palma de Mallorca, España*
[g] *Servicio de Medicina Intensiva, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona, España*
[h] *Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Araba, Vitoria, Álava, España*

Med Intensiva. 2011;35(9):552–561

ELSEVIER DOYMA

medicina intensiva

www.elsevier.es/medintensiva

PUESTA AL DÍA EN MEDICINA INTENSIVA. MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA EN EL PACIENTE CRÍTICO

Estimación del gasto cardíaco. Utilidad en la práctica clínica. Monitorización disponible invasiva y no invasiva

X. García[a,*], L. Mateu[b], J. Maynar[c], J. Mercadal[d], A. Ochagavía[a] y A. Ferrandiz[b]

[a] *Área de Críticos, Hospital de Sabadell, Institut Universitari Parc Taulí, CIBERes Enfermedades Respiratorias, Sabadell, Barcelona, España*
[b] *Servei de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Asociado General de Castelló, Castellón, España*
[c] *Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Santiago Apóstol, Vitoria, Álava, España*
[d] *UCI Quirúrgica, Hospital Clínic, Barcelona, España*

INTRODUCCIÓN

La **monitorización hemodinámica** se utiliza para la evaluación de **fenómenos** implicados en el proceso de **perfusión y oxigenación tisular**, ayudando al conjunto de profesionales sanitarios a entender la **fisiopatología de los procesos hemodinámicos**, proporcionando información relevante para la toma de decisiones sobre los **tratamientos y la optimización de los mismos**.

¡La monitorización por si misma no es una herramienta terapéutica!

Principales indicaciones

Pacientes con estados de bajo gasto cardíaco:

- Pacientes en riesgo de hipovolemia → casos de deshidratación severa, hemorragias, quemaduras, traumatismos, entre otros.
- Pacientes en estado de shock → séptico, cardiogénico, neurogénico, anafiláctico, etc.
- Pacientes con alteraciones de la función cardíaca → insuficiencia cardíaca congestiva, IAM o miocardiopatías.

Pacientes en riesgo de desarrollar bajo gasto cardíaco:

- Pacientes sometidos a cirugía mayor de tipo cardíaco, abdominal, etc.

APORTE DE OXIGENO (DO2)
[GASTO CARDIACO (GC) X CONTENIDO ARTERIAL DE OXIGENO (CaO2)]

GC

Cantidad de sangre eyectada desde el ventrículo izquierdo en un minuto (L/min).

FC × **VS**

Frecuencia cardiaca

Cantidad de sangre eyectada por el ventrículo izquierdo en una sola contracción.

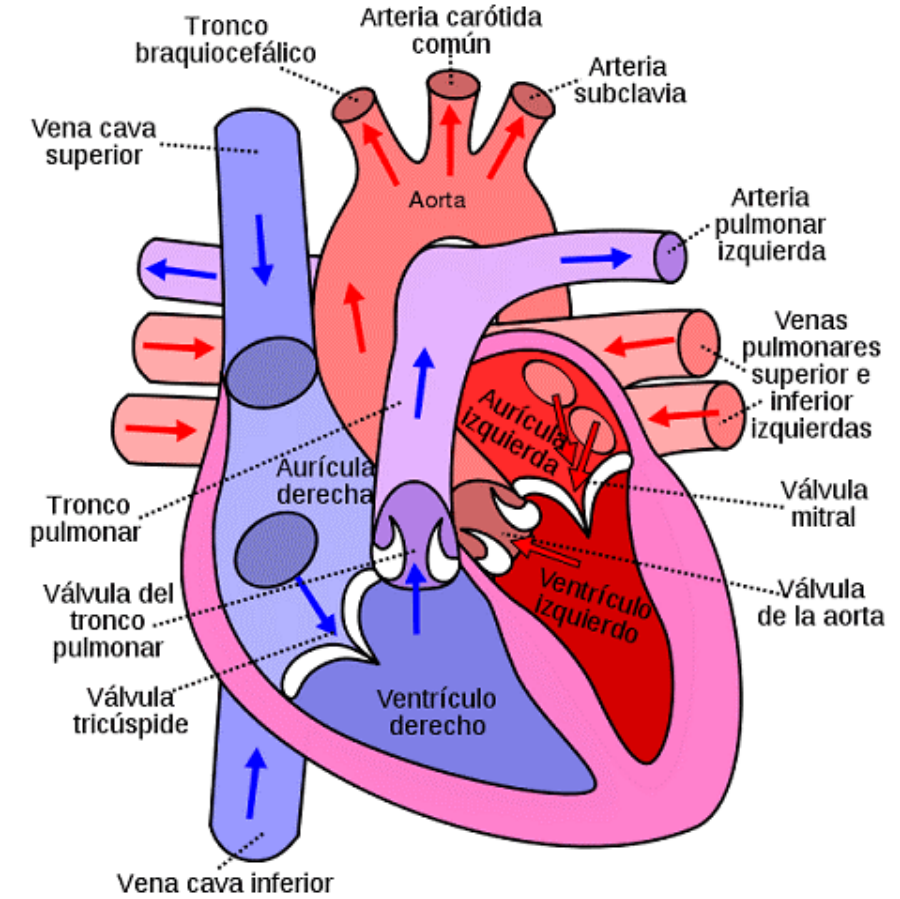
- Precarga
- Contractilidad
- Poscarga

CaO2

[(1,38 x gr Hb x SaO2) + (PaO2 x 0,0031)]

- **Hemoglobina**
- **SaO2** Saturación de oxigeno arterial
- **PaO2** Presión de Oxigeno arterial

GASTO CARDIACO



GC Adulto joven en reposo → 4-6 l/min

En 1887, Fick describió el primer método para calcular el GC:

$$\mathbf{GC = VO2/(CAO2 - CVO2)}$$

CAO2: contenido arterial de oxígeno

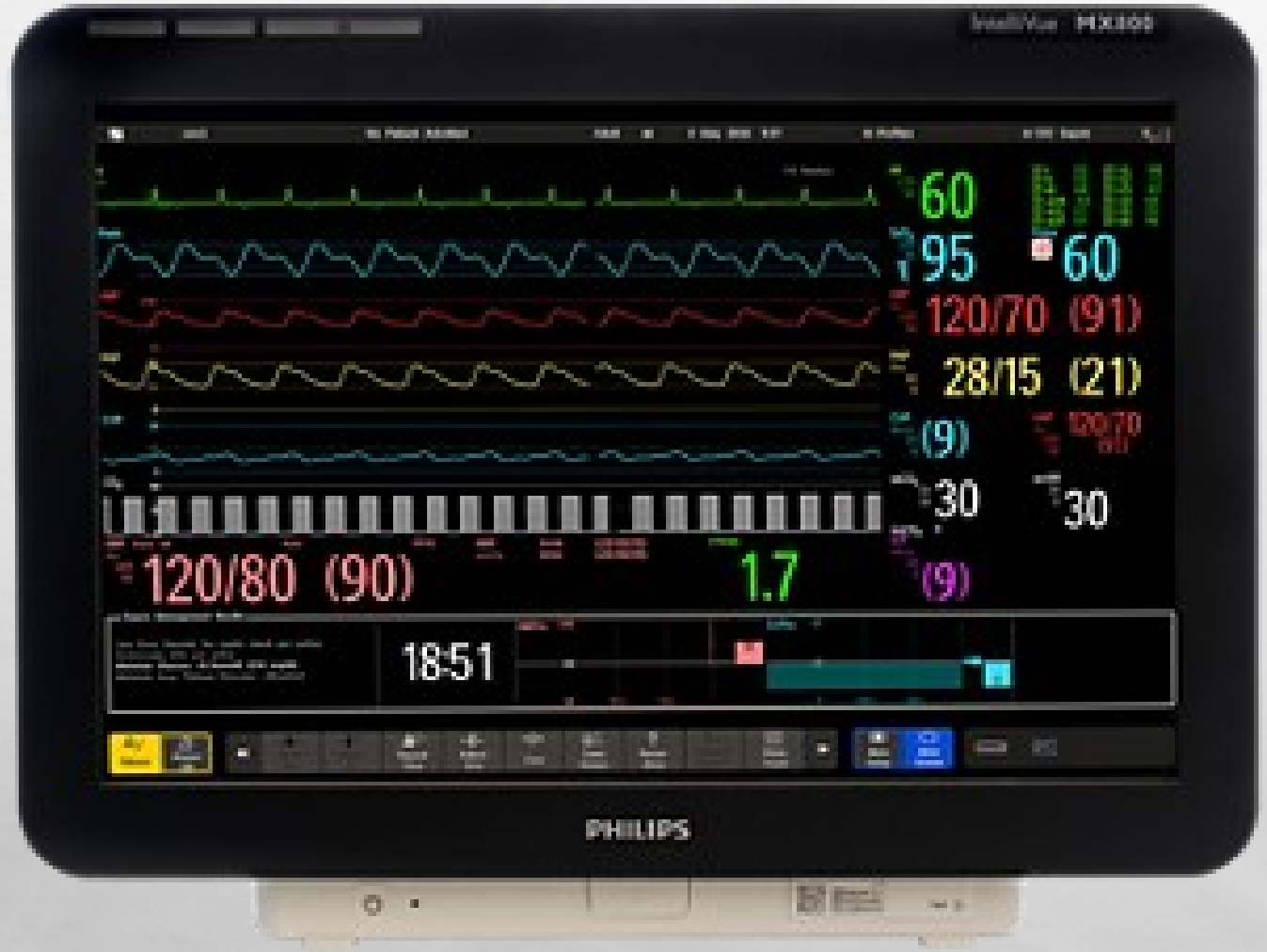
CVO2: contenido de oxígeno en la sangre venosa mixta

VO2: consumo de oxígeno

Mínimos efectos secundarios
No invasiva
Continua
Cómoda para el paciente y profesional
Método de monitorización ideal
Fiable
Exacta
Reproducible

MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA BÁSICA

ECG – FC – PA – SpO2 – EtCO2 – PVC – Diuresis



MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA AVANZADA

INVASIVA

MINIMAMENTE INVASIVA

NO INVASIVA

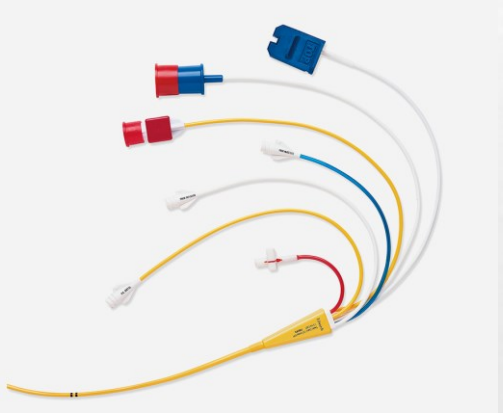
Variables estudiadas en la monitorización hemodinámica son:

- Frecuencia cardíaca (FC)
- Presión venosa central (PVC)
- Presión arterial media (PAM)
- Presión arterial diastólica (PD) y sistólica (PS)
- Gasto cardíaco (GC)
- Índice Cardiaco
- Resistencia vascular sistémica (RVS)
- Resistencia vascular pulmonar
- Saturación venosa central de oxigeno (SvcO2)
- Saturación venosa mixta de oxigeno (SvO2)

TÉCNICAS PARA MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA INVASIVAS

CATÉTER DE ARTERIA PULMONAR – SWAN GANZ

Radiopaco
Flotante y flexible
Mide 110 cms



Medidas de flujo sanguíneo (GC) y T°

Conector del filamento térmico: para la medición continua del **GC** aplicando los principios de termodilución.

Conector del sensor térmico: se encuentra a 4 cms del final del catéter.

Presiones intravasculares intratorácicas

Luz proximal (color azul): queda ubicada en **AD** y mide **PVC**, puede usarse para administrar medicación.

Luz distal (color amarillo): queda ubicada en una rama de la arteria pulmonar y mide la **PAP/PCP/PAPO**.

Luz del balón (color rojo): en su extremo externo posee una válvula que conectada a una jeringuilla de 1,5 cm permite llenar el balón de aire → medición de la **PCP/PAPO**

Parámetros oximétricos

Conector del módulo óptico: permite medir la **Sv02** mediante espectrofotometría de reflectancia por fibra óptica.

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
Catéter de arteria pulmonar	Técnica muy validada	Sistema invasivo	PVC	
	Información de variables de flujo (*gold standard* para GC), presiones intratorácicas (PAOP) y de perfusión tisular (SvO_2).	Alternativas menos invasivas para la mayoría de datos que proporciona	PAP	
	Permite el cálculo de variables oximétricas (DO_2, VO_2)	Falta de conocimiento en la interpretación de sus datos Mayor incidencia de complicaciones	PAPO	

Mayor riesgo de infecciones (incidencia de bacteriemia del 0,7-1,3%)
Fenómenos trombóticos durante su uso prolongado (> 48 h)
Aumento del riesgo de arritmias durante su inserción

TÉCNICAS PARA MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA MÍNIMAMENTE INVASIVAS

SISTEMA PiCCO

PULSION Medical Systems AG, Munich, Alemania

Necesita una línea arterial y otra venosa

↓

Curva de Termodilución Transpulmonar (TDTP)

↓

Flujos sanguíneos

Ecuación de Stewart-Hamilton
Para calculo de GC

Volúmenes intravasculares

Volumen global al final de la diástole (GEDV)
(volumen de sangre de las 4 cavidades cardíacas)

+

Índice de volumen sanguíneo intratorácico (ITBV)
GEDV + lecho vascular pulmonar

↓

Estimación de la Precarga Cardíaca

Volúmenes Extravasculares

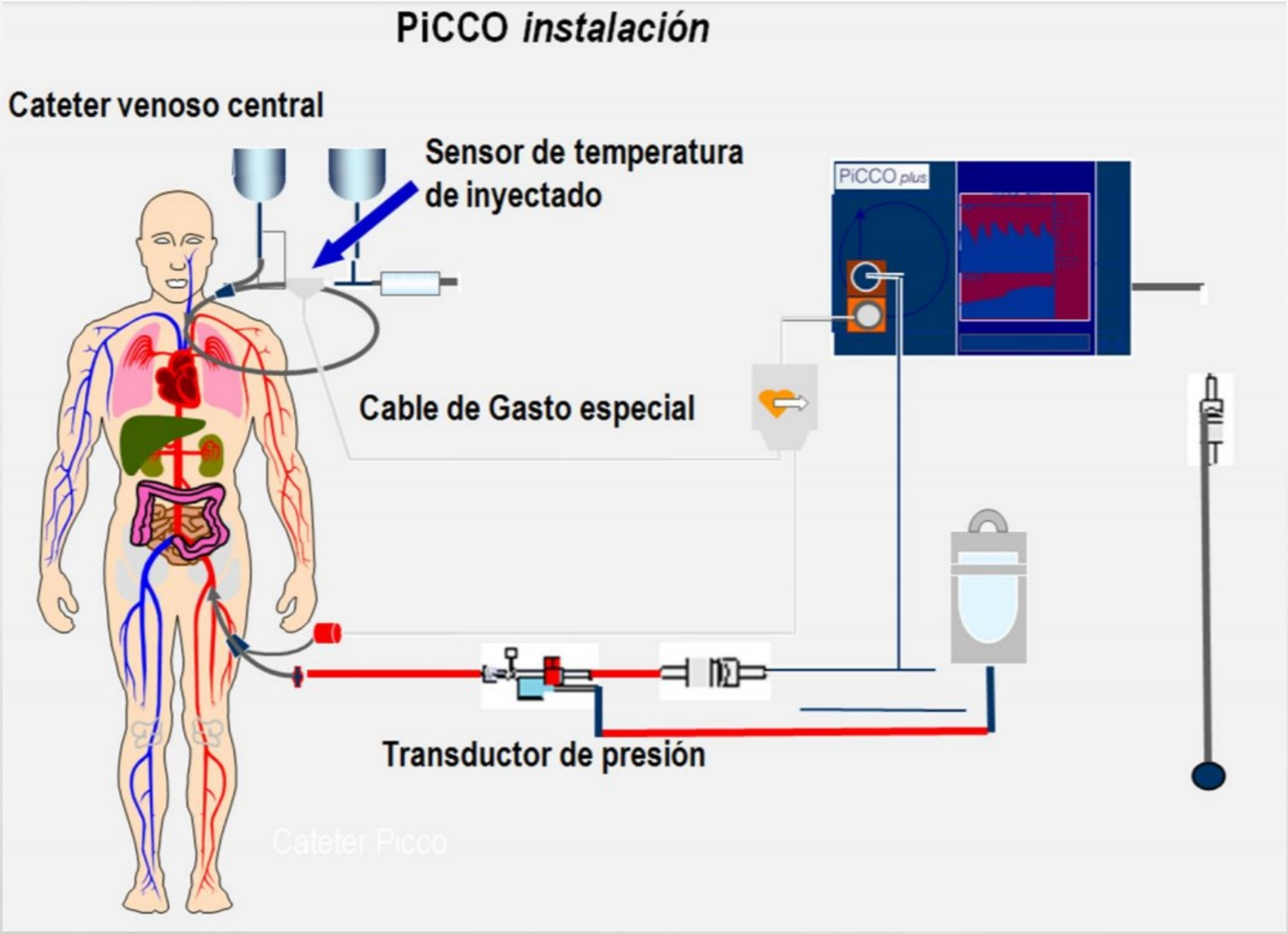
Medición del agua extravascular pulmonar (EVLW)

↓

Cuantificación del edema pulmonar y permeabilidad vascular

↓

Índice de permeabilidad vascular pulmonar (PVPI).



Análisis de la onda de presión de pulso

↓

Medición de volumen sistólico (VS)

↓

Cálculo del porcentaje de variación en la presión de pulso (VPP)

↓

Manejo más preciso de la reanimación con fluidos y optimización en el empleo de DVA

Limitaciones para la utilización del sistema PiCCO

1. Contraindicaciones para la cateterización arterial.

2. Isquemia previa o actual de MMII.

3. Alteraciones estructurales de la aorta abdominal o arterias femorales (prótesis, aneurismas, etc.)

4. Balón de contrapulsación intraaórtico.

5. Situaciones que pueden dar medidas incorrectas de termodilución:

a. Shunt intracardiaco.

b. Aneurisma aórtico

c. Estenosis aórtica

d. Neumonectomía o lobectomía pulmonar reciente.

e. Tromboembolia pulmonar.

f. Circulación extracorpórea.

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
A) PiCCO®	Información continua de múltiples variables.	Invasivo	PVC	VVS
	Medición de volúmenes	Requiere accesos vasculares más gruesos	GEDV	VPP
	Medidas de edema pulmonar y permeabilidad	Requiere recalibración en situaciones de inestabilidad	EVLW	
	Permite manejo hemodinámico más fino		PVPI	

SISTEMA LiDCO plus®

"Lithium Dilution Cardiac Output"

Se inyecta un bolo del trazador Cloruro de Litio (0,002-0,004 M/kg) en una vv central o periférica.

↓

Onda de dilución con Cloruro de Litio

↓

Sensor Periférico (electrodo) en vv arterial (central o periférica) de la [] arterial de Litio y tiempo transcurrido desde la administración

↓

Curva de Dilución de Litio

↓

Medición de GC calculando área bajo la curva de concentración-tiempo.

- Potencia de Pulso tras la calibración con la solución de Litio → cálculo del Volumen Sistólico
- A partir del período medio de paso (MTT) del litio se obtiene el Volumen Sanguíneo Intratorácico (ITBV) → indicador de Precarga.
- Análisis de la onda de Presión de Pulso para el análisis del VS → Cálculo del porcentaje de Variación en la Presión de Pulso (VPP) o en el área (VVS) → predecir la respuesta a la fluidoterapia.
- Con la introducción manual de determinadas variables obtenemos el Índice o la Resistencia Vascular Periférica (IRVS/RVS) y el índice de transporte de oxígeno (IDO2).

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
B) LiDCO®	Poco invasivo Cualquier vía arterial o venosa Técnica validada Información continua de múltiples variables	Sistema invasivo Interferencia de sales de litio y relajantes musculares no despolarizantes Pacientes que presenten *shunts* intracardíacos	ITBV	VVS VPP

SISTEMA FloTrac®/Vigileo®

**Compuesto del sensor FloTrac®
y el monitor Vigileo®**

Solo requiere un catéter arterial radial.

Analiza el contorno de pulso arterial sin necesidad de calibración externa, la que es reemplazada por factores de corrección que dependen de la presión arterial media (PAM) y de medidas antropométricas (edad, sexo, peso y altura del paciente) → GC continuo.

PRINCIPIO: la presión de pulso (diferencia entre la presión sistólica y la diastólica) es proporcional al vs e inversamente proporcional a la distensibilidad aórtica.

También proporciona información sobre el VS, la VVS y la RVS.

Con la implantación de un CVC con fibra óptica → opción de monitorizar la SvcO2.

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
C) FloTrac®	Continuo	Precisa validación en pacientes con RVS disminuidas		VVS
	No requiere calibración externa	No validado en pacientes con dispositivos de asistencia ventricular o balón de contrapulsación intraaórtico		
	Mínimamente invasivo	Insuficiencia aórtica		
	Acceso vascular periférico	Pacientes obesos (IMC>30 kg/m2)		

SISTEMA MostCare® DE Vygon (Vytech, Padova, Italy)

Utiliza el Pressure Recording Analytical Method (PRAM)

Utiliza una versión modificada del **algoritmo de Wesselings** de análisis de la onda de pulso arterial.

Requiere únicamente un **catéter arterial** que puede ser radial.

El Volumen Sistólico (VS) es proporcional al área bajo la porción diastólica de la onda de presión arterial dividido por las características de la impedancia Aórtica, que se obtiene a partir de los datos morfológicos de la Curva de Presión sin necesidad de calibración.

El VS se calcula para cada latido, y el GC se obtiene multiplicando el volumen sistólico por la FC → GC se presenta como el valor medio de 12 latidos.

Requiere ser validado mediante nuevos estudios.

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
E) Most care®	No requiere calibración manual Monitoriza Índice estrés cardiaco (CCE)	Pocos estudios de validación		VVS VPP

SISTEMA Modelflow-Nexfin®

Analiza la Presión de Pulso utilizando la **Pletismografía Fotoeléctrica** en combinación con un manguito inflable en el dedo.

Monitorización continua de la Presión Arterial

+

Análisis del contorno de la onda de pulso, basado en el análisis del área de la onda de Presión Sistólica y en el modelo de los 3 elementos de windkessel individualizado para cada paciente (método modelflow).

↓

GC

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
F) Nexfin®	No invasivo (no precisa acceso venoso ni arterial)	Poco validado		

EL SISTEMA NICO® (Novametrix Medical Systems, Wallingford, Estados Unidos)

Principio de Fick, utilizando como indicador el CO_2.

Con este método el GC es proporcional al cambio en la producción de CO_2 dividido por el END-TIDAL de CO_2 resultante tras un breve período de reinhalación.

Limitación:
Pequeños errores de la medición dan lugar a cambios importantes en el cálculo del GC, debido a la escasa diferencia entre la $PaCO_2$ y la $PvCO_2$, no siendo válidos sus resultados en pacientes con $PCO_2 < 30$ mmHg, y tanto en las alteraciones del espacio muerto como en las de la ventilación-perfusión provocan falsos cambios en el GC.

No constituye un reemplazo para el CAP, pero que es una técnica factible como alternativa, en determinados pacientes, como por ejemplo los sometidos a cirugía cardíaca

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
Reinhalación parcial de CO2 (NICO®)	Mínimamente invasivo	No es continuo		
	Sencillo Repetible frecuentemente	Requiere paciente intubado Artefactado con shunt intrapulmonar ↑		

TÉCNICAS PARA MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA NO INVASIVAS

SISTEMA NICOM®

Biorreactancia Eléctrica Torácica

Análisis de cambio de fase en la onda eléctrica de alta frecuencia (cambios de amplitud y frecuencia) que emite el tórax durante cada latido

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
BioreactanciaNICOM®	No invasivo Menor coste de operación y requerimiento de capacitación Buena razón señal-ruido No existe variabilidad en relación a los cambios corporales y la posición de los electrodos Datos en tiempo real continuos	Valores erróneos en presencia de: Marcapasos externos e internos y dispositivos de asistencia ventricular (LVADs) Hipertensión pulmonar severa Insuficiencia aórtica o tricuspídea grave y alteraciones en la aorta torácica Shunts intracardiacos		VVS

En condiciones de bajo flujo, la precisión de las determinaciones del GC puede estar reducida

SISTEMA USCOM®

Utiliza la Ultrasonografía Doppler para obtener las medidas de volumen sistólico (VS) y sus derivados

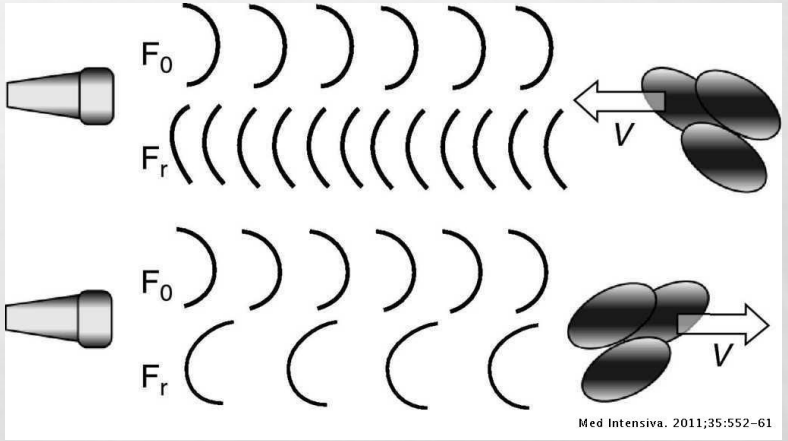
LEY DE DOPPLER → **Expresa la relación matemática existente entre el cambio aparente que se produce en la frecuencia de una onda acústica cuando el emisor y/o el receptor se encuentran en movimiento relativo.**

Aplicación de ultrasonidos en el rango de frecuencias 2-10 MHz

↓

Rebote en los Eritrocitos en continuo movimiento → **La onda de ultrasonido resultante con distinta frecuencia**

$$\Delta f=(2 \times f_t \times v/c) \times \cos$$



$\Delta f=(2 \times f_t \times v/c) \times \cos$ → **"v" es la velocidad de los eritrocitos en movimiento y, en consecuencia, la velocidad del flujo sanguíneo**

↓

Integral velocidad-tiempo (ITV) (cálculo del área bajo la curva)

$VS\ (cm^3)=AS\ (cm^2)\times DL\ (cm).$

→ **VS** ✖ **FC**

↓

GC

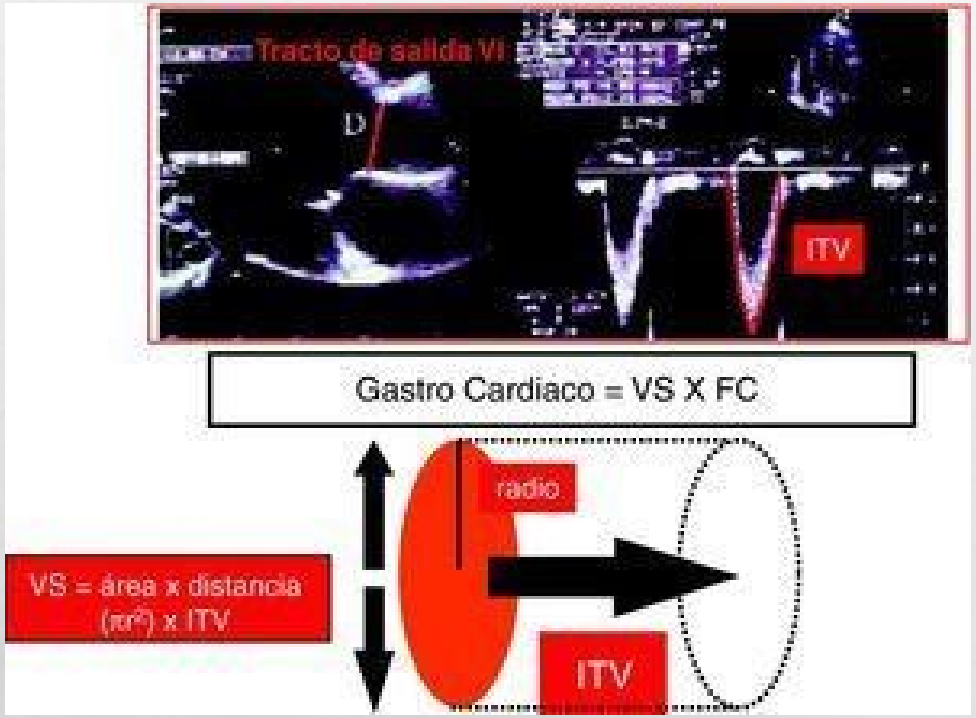


Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
B) USCOM®	No invasivo Curva aprendizaje rápida No requiere calibración Inicio rápido de mediciones	No es continuo Operador y ventana acústica dependiente No válido si valvulopatía severa Pendiente de estudios de validación		

DOPPLER ESOFÁGICO

Sonda Doppler en forma de «D» que emite de forma continua ondas de ultrasonidos Doppler a una frecuencia fijada (generalmente **4-5 MHz**).

Se localiza en el esófago (vía nasal u oral) con una inclinación de 45◦ del vaso sanguíneo explorado, en este caso, la **Aorta descendente**.

Utiliza la **Ley de Doppler** para estimación de **VS** y **GC.**

También entrega información sobre el estado cardiovascular (precarga, contractilidad y poscarga).

Contraindicaciones:

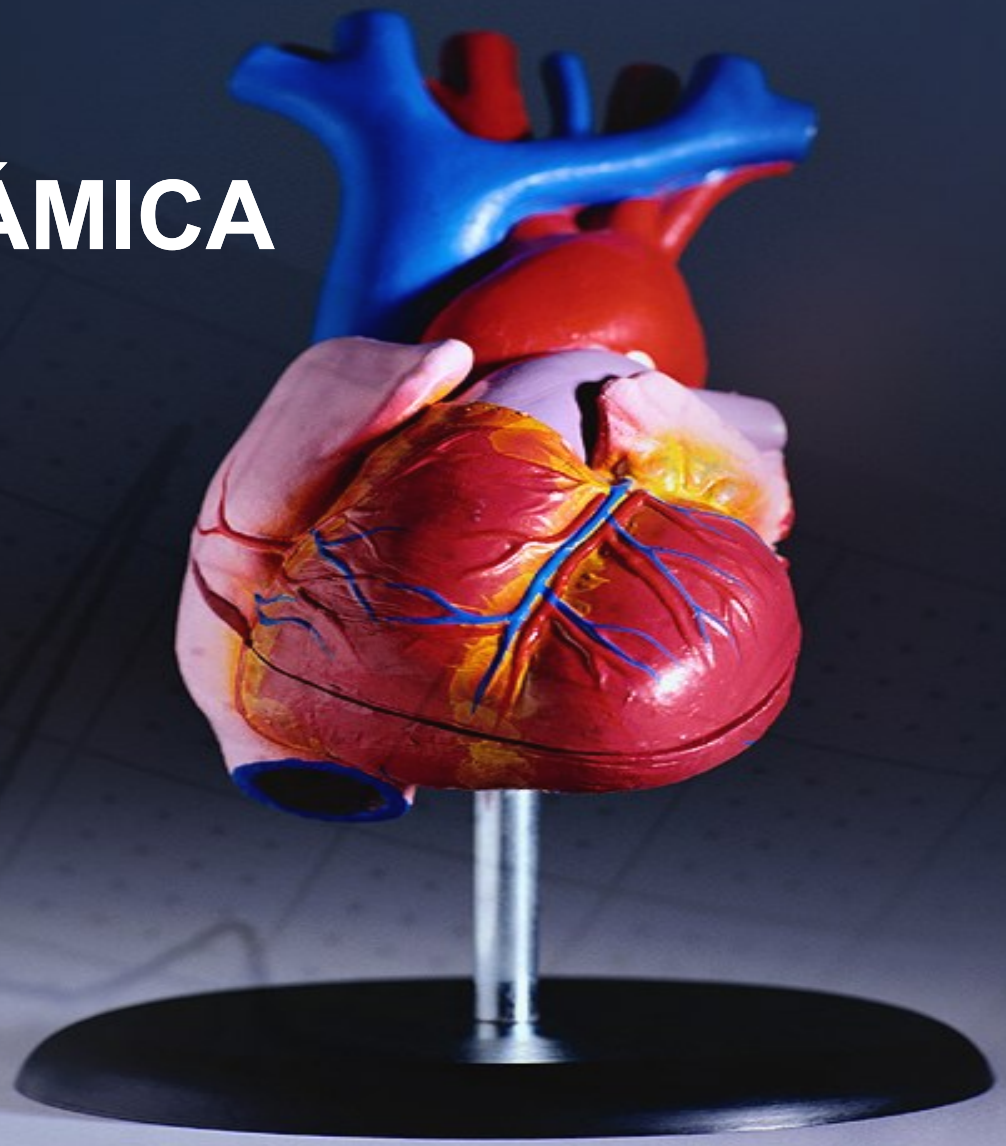
- Estenosis o tumores esofágicos, esofagitis aguda, divertículos esofágicos, varices esofágicas con alto riesgo de sangrado.
- Lesiones de columna cervical-torácica alta con riesgo de compromiso medular.
- Cirugía esofágica o traqueal reciente.
- Diátesis hemorrágica grave.

Tabla 1 Técnicas disponibles para la estimación del gasto cardíaco en el paciente crítico

Sistema	Ventajas	Desventajas	Variables adicionales	
			Estáticas	Dinámicas
A) Doppler esofágico	Mínimamente invasivo	Uso habitual (no exclusivo) en pacientes con ventilación mecánica		
	Rápida colocación y aplicación de la técnica	Disponibilidad de pocos estudios en pacientes críticos no quirúrgicos		
	Monitorización continua	Operador dependiente		
	Curva de aprendizaje rápida			

BIBLIOGRAFÍA

- ***Medicina intensiva. Estimación del gasto cardíaco. Utilidad en la práctica clínica. Monitorización disponible invasiva y no invasiva*** **(2011);35(9)**:552-561. **España: Editorial Elsevier.**
- ***Medicina Intensiva. Monitorización hemodinámica en el paciente crítico: Técnicas disponibles de Monitorización Hemodinámica Ventajas y Limitaciones*** **(2012); 36(6):434-444. España: Editorial Elsevier.**
- ***Medicina Intensiva. 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*** **(2014); 38(3):154-169. España: Editorial Elsevier.**

MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA EN PACIENTE CRÍTICO

DRA. SARA BERRÍOS OLMOS
RESIDENTE DE CIRUGÍA GENERAL
HOSPITAL CLÍNICO SAN BORJA-ARRIARÁN