



XI congresso nazionale

SIMEU

ROMA 24-26 MAGGIO 2018

**IL MONITORAGGIO EMODINAMICO NELLO SHOCK:
DAL DITO AL CUORE**

Dott.ssa Angela Sommese
Azienda Ospedaliera dei Colli - Napoli

SHOCK CARDIOGENO

Lo shock ...o meglio gli shock

SHOCK SETTICO

DEFINIZIONE

Grave forma di insufficienza circolatoria acuta generalizzata associata ad un inadeguato utilizzo di ossigeno da parte delle cellule.

Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring.
Intensive Care Medicine 2014

SHOCK OSTRUTTIVO

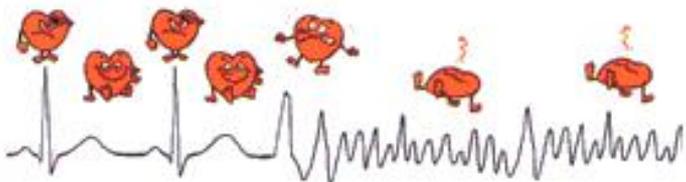
SHOCK NEUROGENICO

SHOCK IPOVOLEMICO

SHOCK ANAFILATTICO

SHOCK DA GANGLIOPLEGICI

Problemi di
contrattilità?



Problemi di
pompa?



Problemi di
volume?



Diagnosi di shock

- **Ipotensione arteriosa (non sempre presente!)**
- **Segni di ipoperfusione tissutale:**
 - Cute fredda, pallida, cianotica, sudata, discromica
 - UO < 0,5 ml/kg/h
 - Alterazione stato mentale

We recommend that the presence of arterial hypotension [defined as systolic blood pressure of < 90 mmHg. or mean arterial pressure (MAP) of <65 mmHg. or a decrease of ≥ 40 mmHg from baseline], while commonly present, should not be required to define shock.

Recommendation. Level 1; QoE moderate (B)

Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring.

Intensive Care Medicine 2014

Markers di ipoperfusione tissutale

Indice di shock

FC/PAs

In caso di shock emorragici
V.N. 0,5-0,7; IS>1 instabilità
emodinamica con perdite
ematiche>33%

Test di riempimento capillare

>2 sec segno precoce di shock

Lattati/Clearance Lattati

Marker di shock e valore prognostico
Cut-off 2 mEq/L o mmol/L

**We recommend serial measurements
of blood lactate. The rationale is to
guide, monitor and assess.
Recommendation. Level 1; QoE low (C).**

Consensus on circulatory shock and
hemodynamic monitoring. Intensive Care
Medicine 2014

ScvO₂

Informazioni sul bilancio tra
trasporto di ossigeno e
richiesta di ossigeno.

ScvO₂ bassa indica un
inadeguato trasporto di O₂,
specialmente in corso di
inperlattacidemia

Differenza veno- arteriosa di pCO₂

(V-A pCO₂)

Informazione sull'ipoperfusione
tissutale e sull'efficacia della
terapia (V.N. <6 mmHg)

Come e
quando
monitorizzare
la funzione
cardiaca e gli
altri parametri
emodinamici
nello shock

Valutare la funzione cardiaca e il precarico
è essenziale per 3 motivi:

- **Identificare il tipo di shock**
- **Scegliere il trattamento** (fluidi, inotropi, ecc)
- **Valutare la risposta del paziente al trattamento**

DO₂/VO₂

$$DO_2 \text{ (ml/min)} = CO \text{ (L/min)} \times CaO_2 \text{ (ml/dl)} \times 10$$

$$CaO_2: Hb \times SaO_2 \times C \times 10$$

$$VO_2 = CO \times CaO_2 - CvO_2 \times 10 = \text{(non considerando l'O}_2 \text{ disciolto nel sangue)} = CO \times Hb \times (SaO_2 - SvO_2) \times C$$

C costante: rappresenta la quantità di O₂ legato ad 1 g di Hb (questo valore è abitualmente 1.34 o 1.39)

$$CO = HR \times SV$$

Determinanti dello Stroke Volume:

- Precarico
- Postcarico
- Contrattilità

Scelta del sistema di monitoraggio

Il dispositivo

Il paziente

Il medico

- Disponibilità
- Setting
- Costo/efficacia

•Condizioni/gravità

- Conoscenza
- Esperienza
- Interpretazione dei dati
- Operatore-dipendenza

Pz + grave
→
sistema + preciso
→
sistema + invasivo

Scelta del sistema di monitoraggio



Il paziente



PAC (wedge)

Shock cardiogeno
Ipertensione polmonare



eco

Diagnosi Evoluzione
Controindicazioni a PAC



Pulse contour

Sala Operatoria
Sepsi
Shock settico



Migliorare la perfusione tissutale → DO_2/VO_2



TDTP

Gestione volemia
Insufficienza respiratoria



Med Intensiva. 2012;36(6):434-444



medicina intensiva

www.elsevier.es/medintensiva



UPDATE IN INTENSIVE CARE MEDICINE: HEMODYNAMIC MONITORIZATION IN THE CRITICAL PATIENT

Techniques available for hemodynamic monitoring.
Advantages and limitations¹

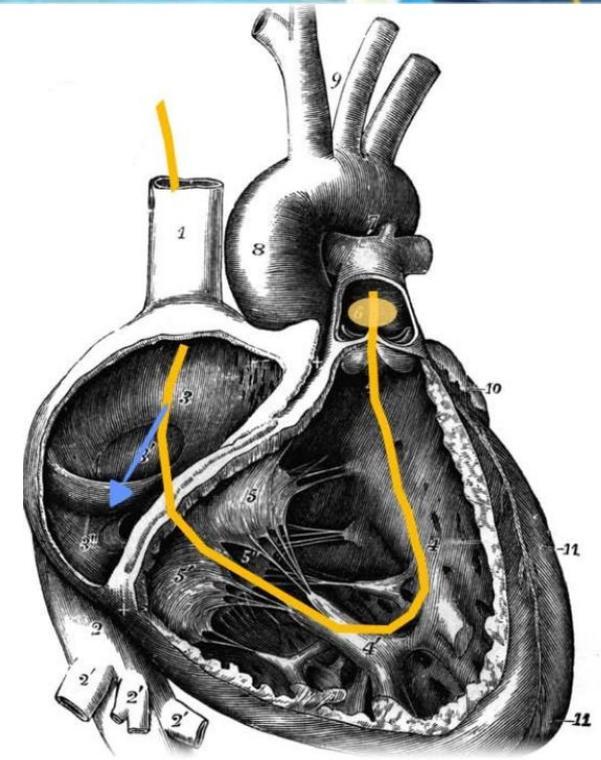
Il monitoraggio emodinamico



MONITORAGGIO INVASIVO CONTINUO

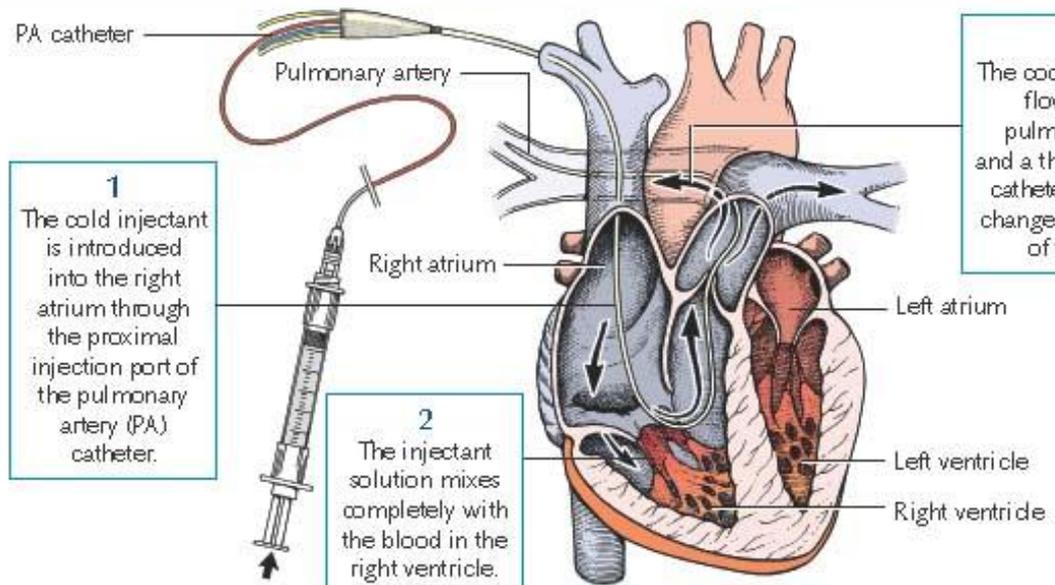
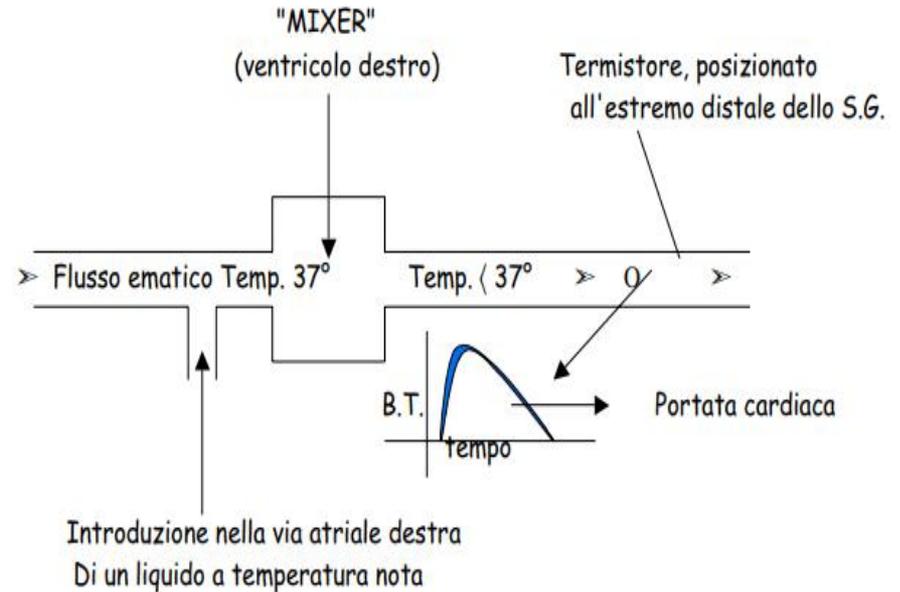
Cateterismo arteria polmonare

- Misurazioni dirette
 - PVC
 - PA
 - PCWP (V.N. 2-12 mmHg)
 - S_vO_2
- Dati calcolati
 - Stroke volume
 - Cardiac output (CO/CI)
 - Vascular resistance (SVR,PVR)



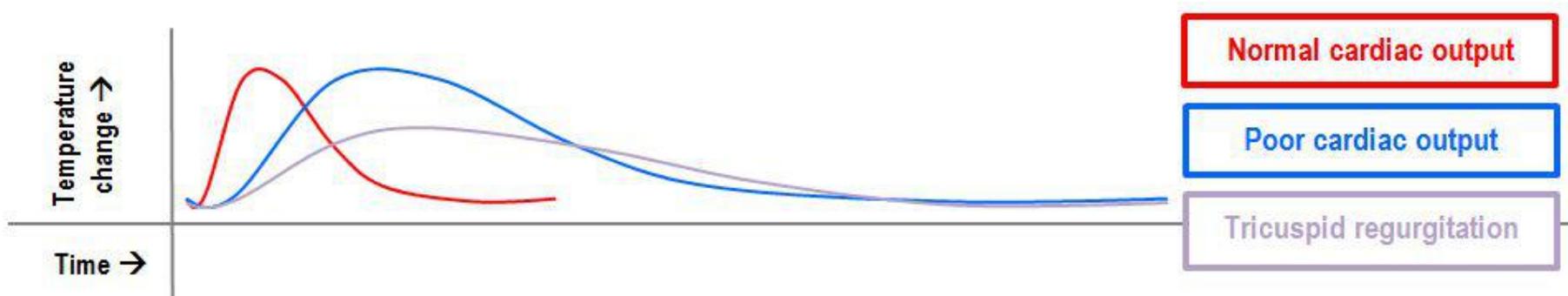
Termodiluizione

Termistore all'estremità distale del catetere arterioso polmonare misura la GC registrando il cambiamento di T del sangue che fluisce in a. polmonare conseguente all'iniezione in atrio destro di un volume noto di liquido freddo attraverso l'apertura prossimale del catetere.



Termodiluizione in continuo

- No boli di soluzioni fredde
- Filamento termico in grado di riscaldare il sangue (ogni 4 sec) e termistore a livello dell'a. polmonare che registra la differenza di T e costruisce una curva di CO.
- VANTAGGI: risparmio di tempo rispetto al bolo freddo, riduzione delle complicanze e delle infezioni, non dipende dalla manualità dell'operatore, permette un monitoraggio emodinamico continuo



Gold standard

TD con PAC

Ha errore intrinseco del 10-20%

Ogni sistema che ha un delta rispetto al valore del PAC del 30% è da considerarsi accettabile

LIMITI PAC

Invasività, modifiche indotte dalla meccanica respiratoria, aritmie, shunt intracardiaci o intrapolmonari, insufficienza tricuspidalica o valvolare polmonare, bassa gittata, iniezione rapida di fluidi con modifica acuta della CO.

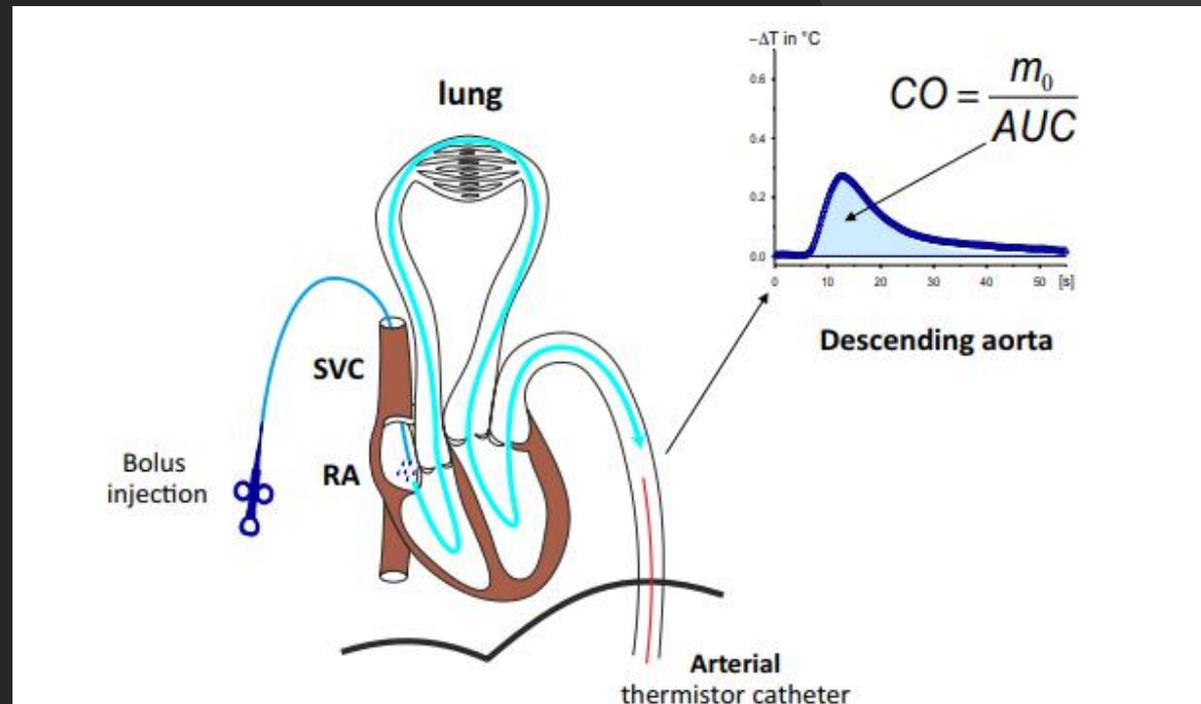
Utile per il management degli stati di shock refrattari al trattamento iniziale, specialmente quelle condizioni complesse in cui la conoscenza dei parametri pressori e riempimento sono importanti per definire il trattamento.

Transpulmonary thermodilution devices

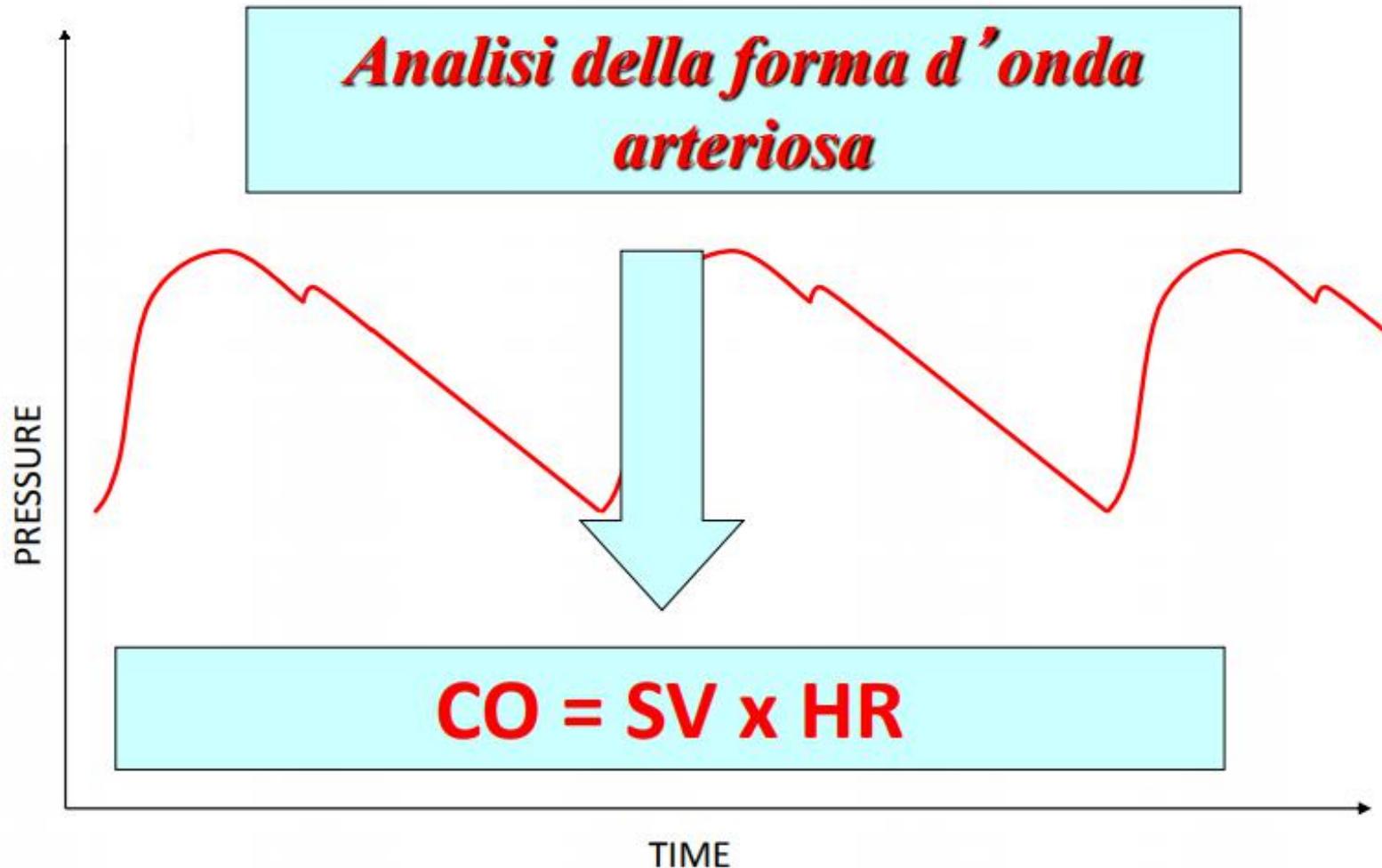
- CVC
- catetere arterioso femorale (o ascellare)

Combinano la termodiluzione transpolmonare con l'analisi del contorno del polso arterioso.

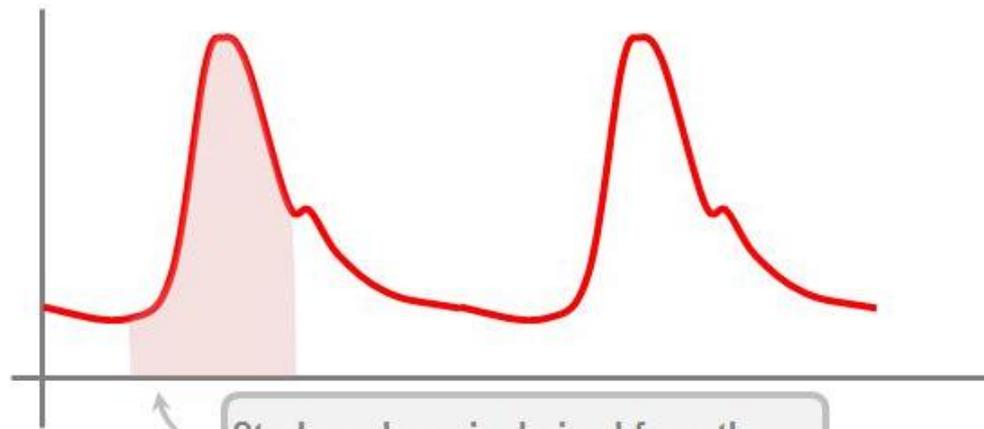
- La termodiluzione transpolmonare calcola parametri volumetrici del precarico e del CO
- L'analisi del contorno del polso arterioso fornisce una misura continua del CO e della SVV.



Analisi del contorno del polso



*Basata sul concetto che la forma d'onda arteriosa è
proporzionale al volume sistolico*



Stroke volume is derived from the area under the pulse pressure curve

$$CO = (\text{calibration factor}) \times (\text{Heart rate}) \times (\text{stroke Volume})$$

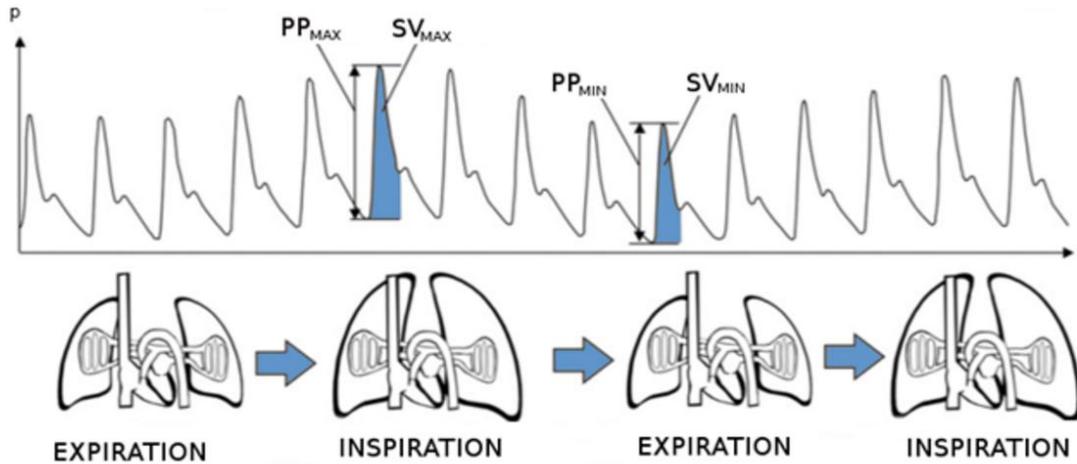
Calibration factor is derived from thermodiluti

PICCO (Pulse Contour Cardiac Output) VolumeView

- Sistema di monitoraggio seminvasivo che necessita di calibrazione
- Linea arteriosa (femorale, ascellare) con termistore e CVC
- Calibrazione: bolo freddo in CVC, registra differenza di T a livello del termistore arterioso.
- Tale variazione è inversamente proporzionale al flusso ed al V attraversato dall'indicatore freddo

Parametri calcolati

- **Pulse contour analysis:**
 - Continuous pulse contour cardiac analysis (PCCO)
 - Arterial blood pressure (AP)
 - Heart rate (HR)
 - Stroke volume (SV)
 - Stroke volume variation (SVV)
 - Systemic vascular resistance (SVR)
 - Index of left ventricular contractility
- **Intermittent thermodilution:**
 - Transpulmonary cardiac output (CO)
 - Intrathoracic blood volume (ITBV)
 - Extravascular lung water (EVLW)
 - Cardiac function index (CFI)

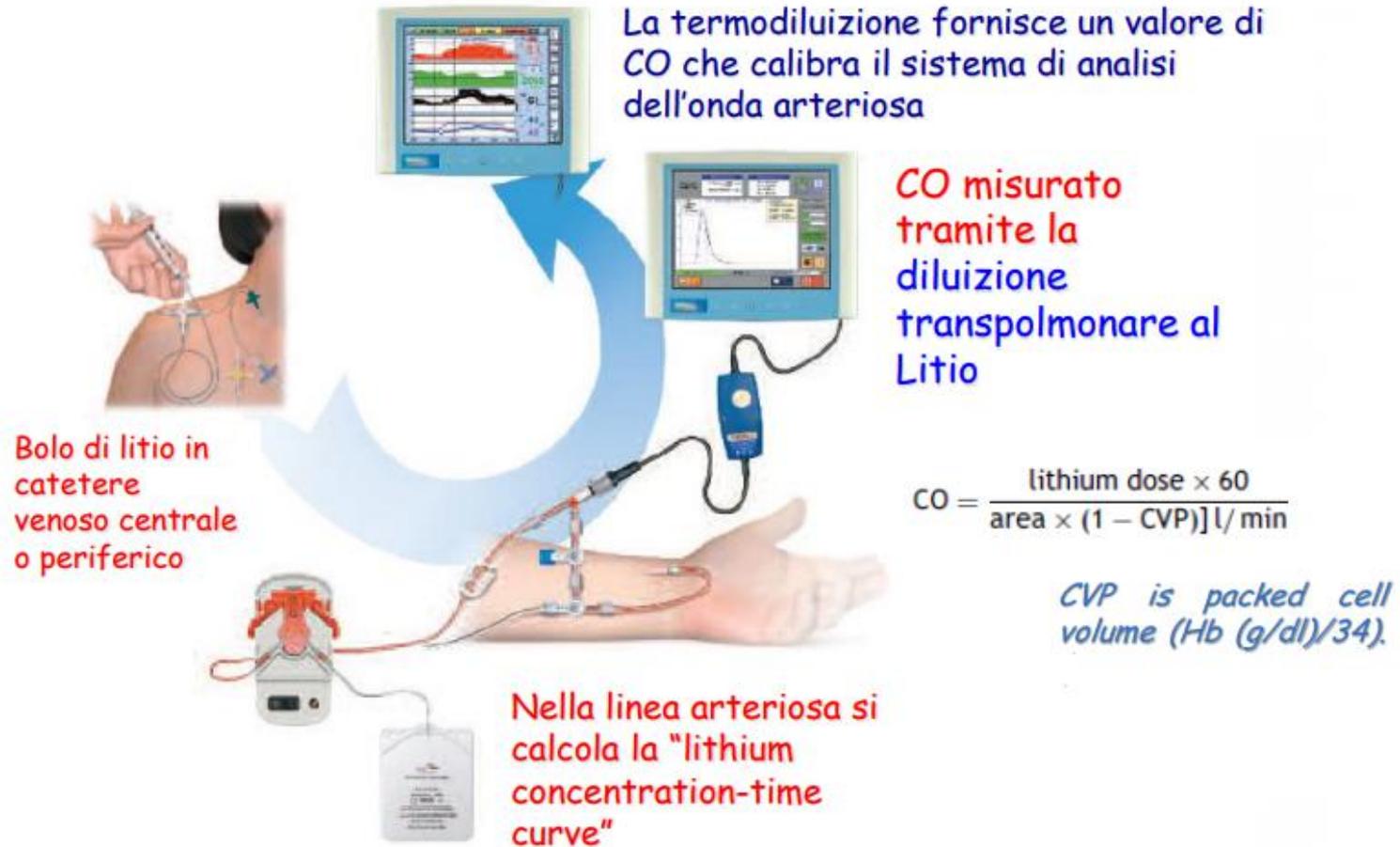


- Durante l'inspirazione in corso di ventilazione a P positiva, l'aumento della pressione intratoracica comprime la vena cava → riduzione del precarico e dello SV
- SVV o PPV > 10-15% → ipovolemia, fluid responder
- LIMITI: MV, aritmie, Tidal volume >7-8 ml/kg

De Backer, D., et al., Pulse pressure variations to predict fluid responsiveness: influence of tidal volume. Intensive Care Med, 2005

SVV-PPV

Lithium dilution monitor (LiDCOplus)



Minori variabili rispetto ai device di termodiluzione transpolmonare



UNCALIBRATED ARTERIAL PULSE CONTOUR ANALYSIS MONITORS

Flotrac-Vigileo/P.R.A.M. (Pressure
Recording Analytical Method)

- Sensore di flusso lungo una qualsiasi linea arteriosa con un buon segnale e connesso ad un monitor
- Non necessita di calibrazione
- Parametri registrati: SV, SVV, PPV
- LIMITI: no utilizzo pediatrico, poche variabili misurate

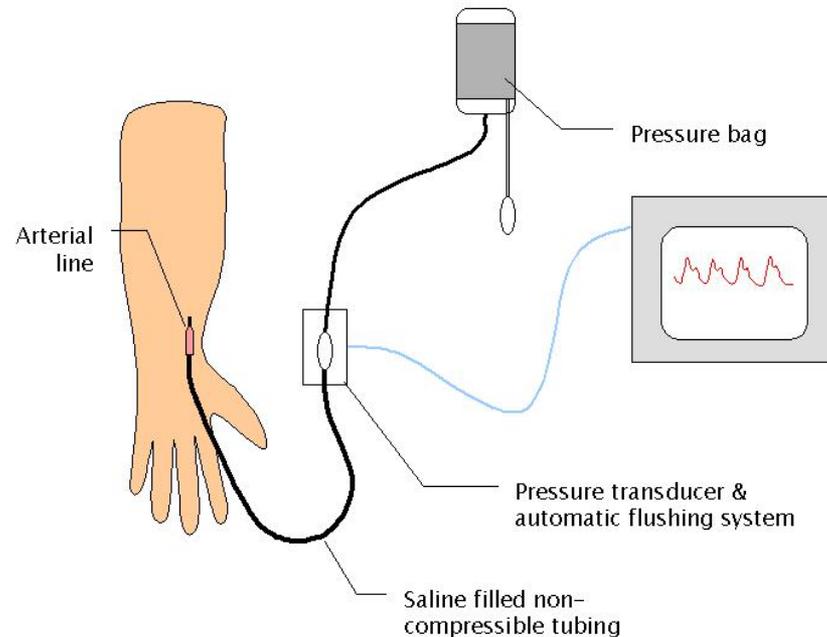
UNCALIBRATED ARTERIAL PULSE CONTOUR ANALYSIS MONITORS

La curva pressoria arteriosa viene analizzata ogni 20 sec ad una frequenza di 100 Hz così da ottenere 2000 campionamenti, la cui deviazione standard consente di calcolare lo SV



$$SV = K(ds - PA)$$

K è una costante derivata dalle informazioni sul paziente (età, sesso, superficie corporea) e quantifica la compliance e la resistenza del tono vascolare



Semi-invasive measurement of cardiac output based on pulse contour: a review and analysis

Authors

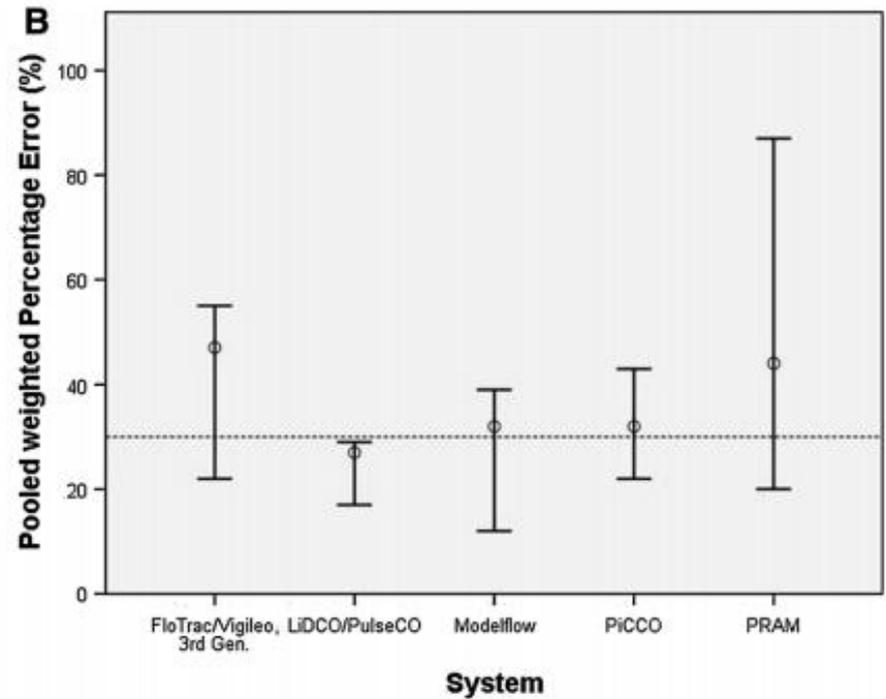
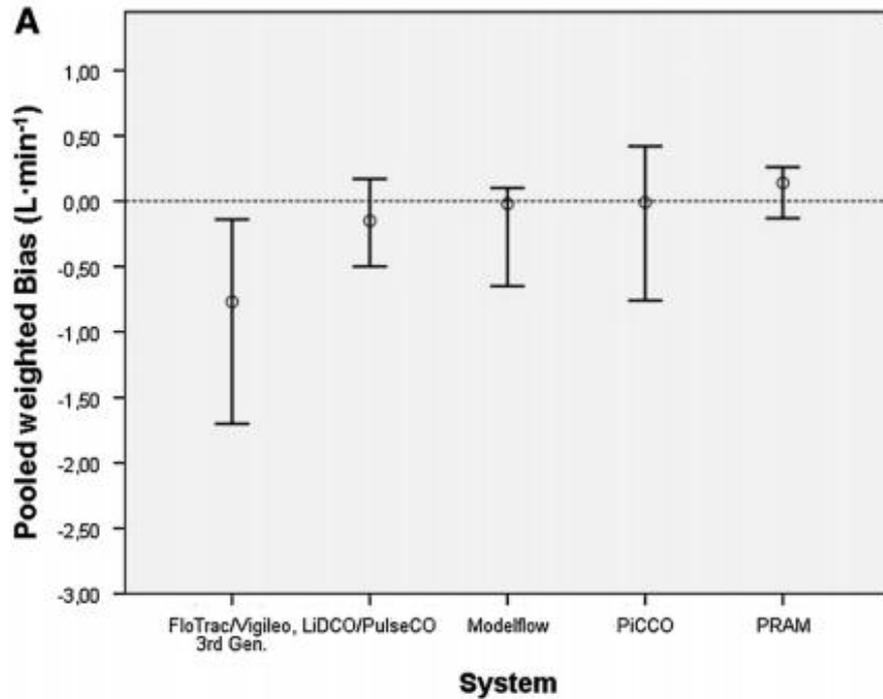
[Authors and affiliations](#)

Thomas Schlöglhofer, Hermann Gilly, Heinrich Schima 

Table 1 Competing pulse contour-based technologies in clinical cardiac output assessment

Group	Device	PAC	TD necessary	Indicator dilution	Special equipment	Cont. CO	Recalibration necessary
Auto-Calibrated	FloTrac/ Vigileo	No	No	No	Yes, arterial sensor	Yes	No
Calibrated	PiCCO	No	Yes, TP TD	No	Yes, thermistor tipped arterial sensor	Yes, after calibration	Every 3 to 4 hr
	LiDCOplus	No	No	Yes	Yes, lithium dilution set	Yes, after calibration	Every 4 to 6 hr
	Modelflow	Maybe	Yes, or Doppler	No	No	Yes	No
Non-Calibrated	PRAM	No	No	No	Yes, arterial sensor	Yes	No

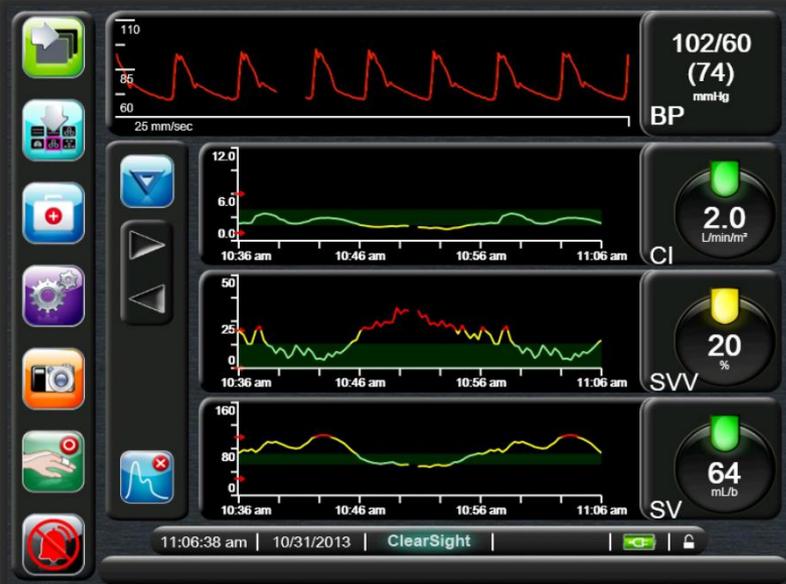
CO = cardiac output; PAC = pulmonary artery catheter; TD = thermodilution; TP = transpulmonary



The reliability of uncalibrated devices is still debated in the case of shock, particularly septic shock.

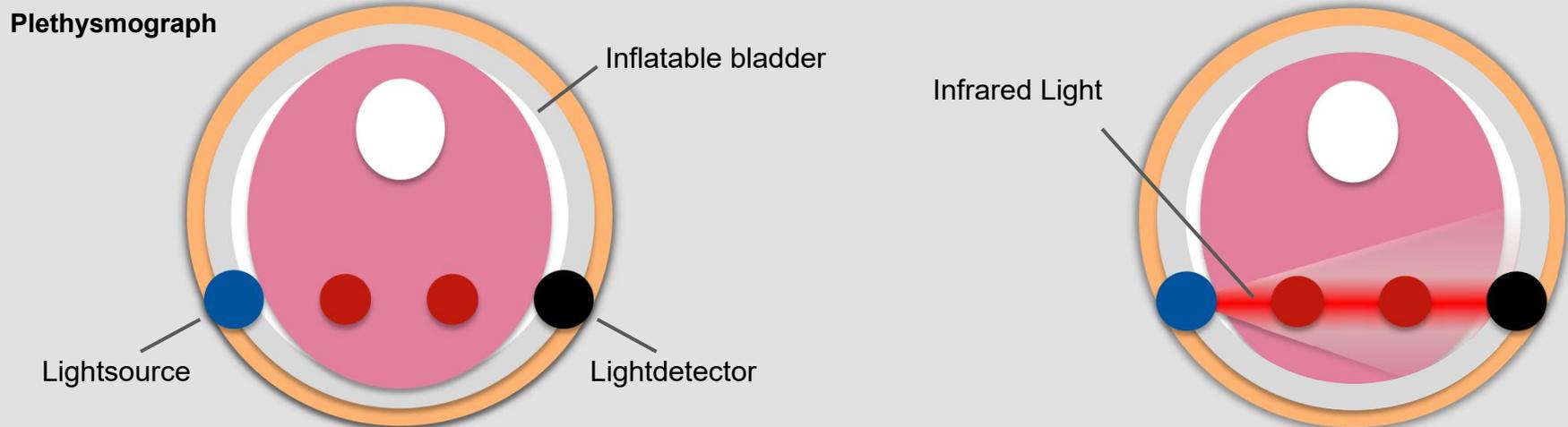
Vascular unloading technique (volume clamp method)

- Analisi del contorno del polso arterioso e metodo di clampaggio volumetrico per monitorizzare il CO
- Cuffia gonfiabile attorno al dito del paziente, connessa ad un monitor.

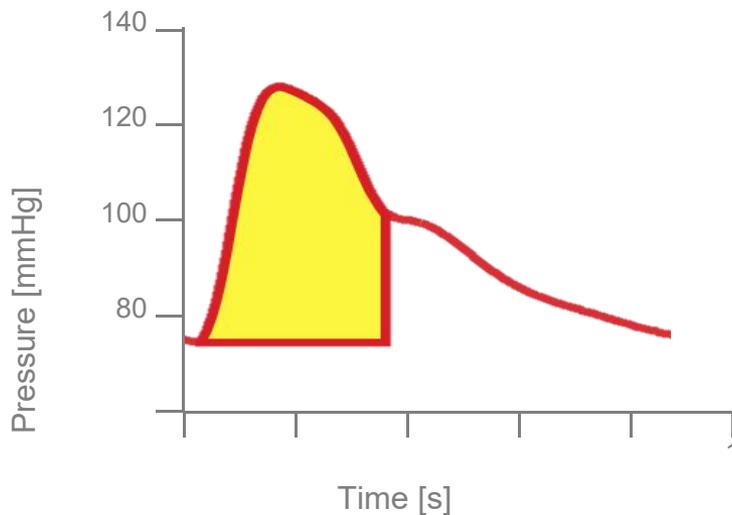
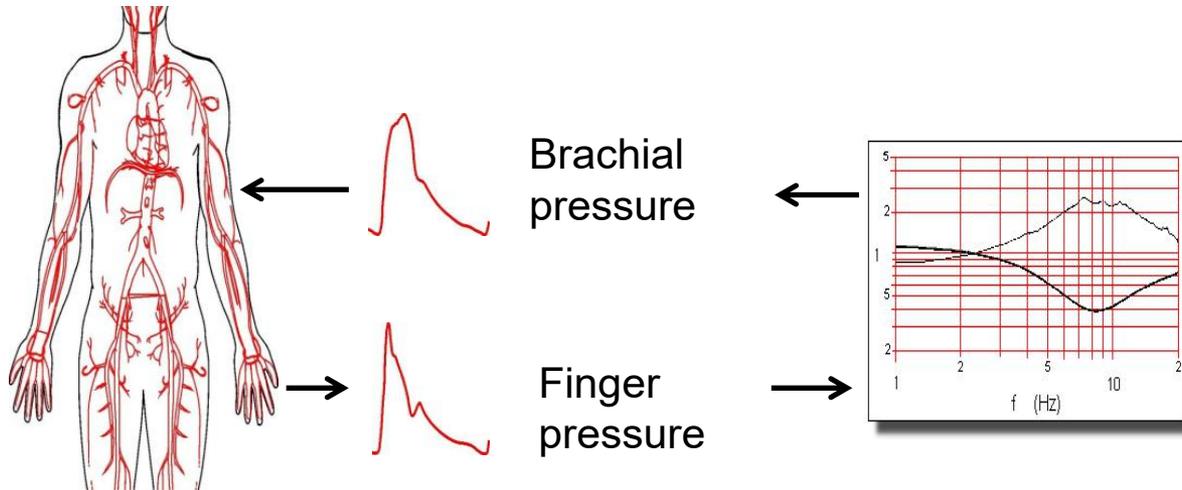


Volume Clamp Method

- La pressione della cuffia viene aggiustata per mantenere il diametro delle arterie digitali costante.
- L'apparecchio registra in continuo la pressione nella cuffia ottenendo così in tempo reale l'onda pressoria digitale.



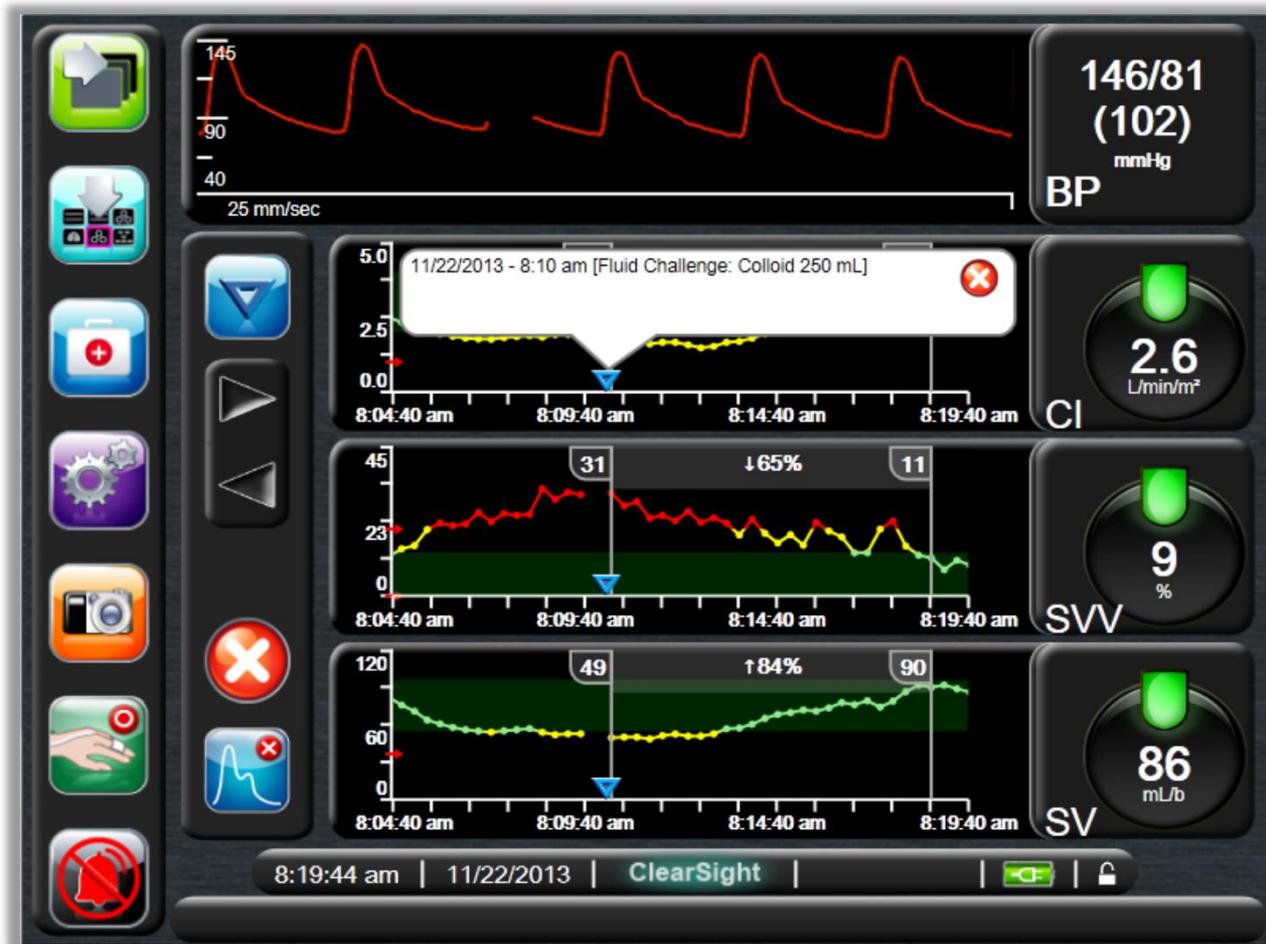
Dalla pressione al flusso



La p brachiale viene ricostruita dalla p digitale in 2 step:

- Forma
- Livello: correzione per il gradiente pressorio brachio-digitale.

Fluid intervention analysis



LIMITI Volume Clamp Method

Qualità del segnale di pressione arterioso

Edema

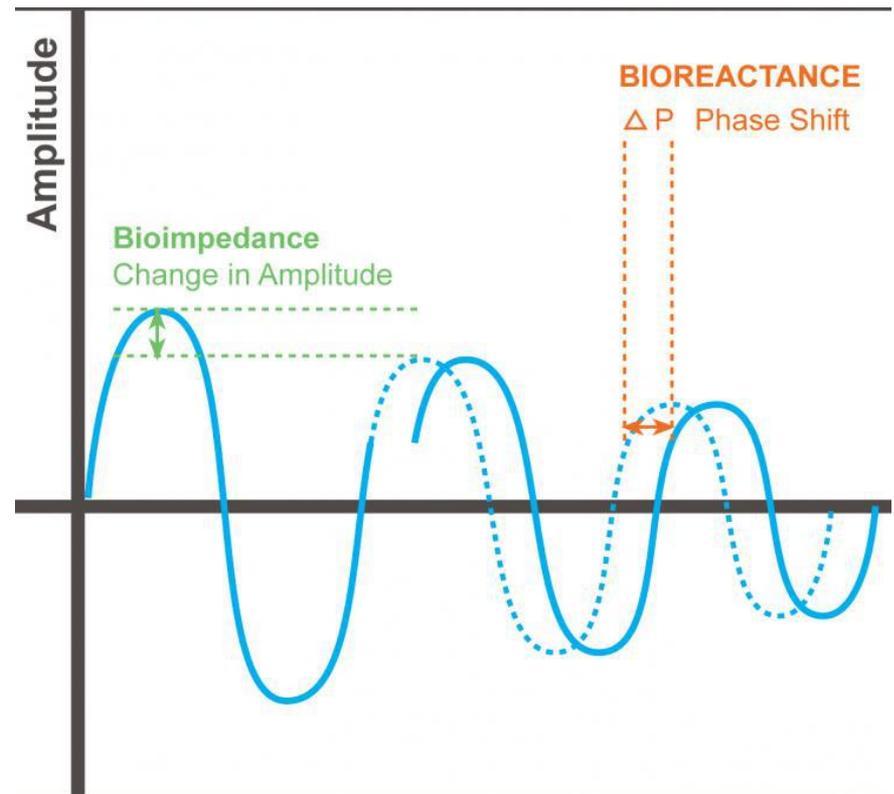
Ipoperfusione

Bassa gittata cardiaca

Elevate resistenze vascolari periferiche - Vasopressori

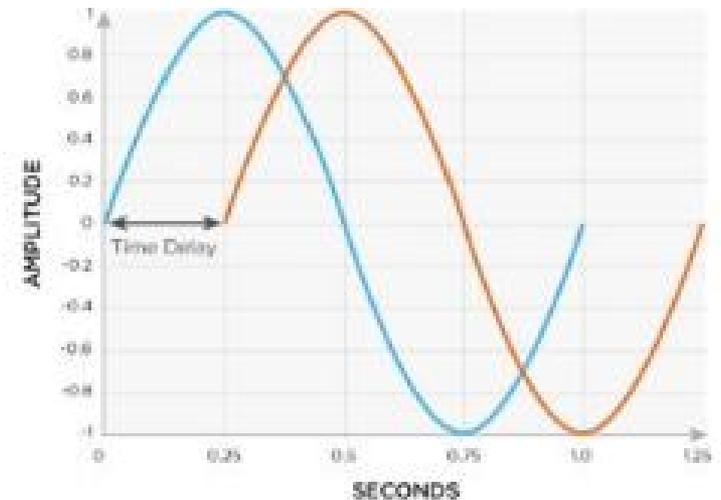
Bioimpedenza elettrica

- Impedenza del torace dipende dalla quantità di fluidi nel suo compartimento e quindi dal V ematico nell'aorta e varia durante il ciclo cardiaco
- Le variazioni di impedenza sono calcolate applicando una corrente ad alta frequenza ad una data ampiezza sul torace e misurando le variazioni del voltaggio applicato e quello misurato.
- IL CO è calcolato sulla base di un'equazione matematica sotto l'assunto che le variazioni di impedenza toracica nel tempo sono proporzionali allo SV.



Bioreattanza

- 4 paia di elettrodi che applicano una corrente elettrica a bassa ampiezza ed alta frequenza.
- Il segnale è registrato dagli elettrodi più interni sulla cute con un ritardo temporale chiamato fase di shift, correlata al flusso pulsatile.
- Maggiore è lo SV maggiore è la fase di shift.



LIMITI

Bioimpedenza /Bioreattanza

- Posizione degli elettrodi
- Interferenze elettriche
- Fluidi nel compartimento toracico (versamento pleurico, tamponamento pericardico, edema polmonare)
- Resistenze vascolari periferiche
- Aritmie
- Artefatti da movimento
- No registrazione di rapidi cambiamenti del CO (misurazione ottenuta in 60'')

Noninvasive continuous cardiac output monitoring in perioperative and intensive care medicine

B. Saugel^{1†*}, M. Cecconi^{2†}, J. Y. Wagner¹ and D. A. Reuter¹

Technology	Study/Reference	Studied device	Setting (patient population)	No. of patients	Criterion standard technology	Cardiac output (CO) or Cardiac index (CI)	Bias (standard deviation) (criterion standard - studied technology)	'Conclusion'
Thoracic electrical bioimpedance								
	Sageman and colleagues ³²	BioZ	intensive care unit (postoperative cardiac surgery patients)	20	pulmonary artery thermodilution	CI	−0.07 (0.20) litre min ^{−1} m ^{−2}	'Thoracic electrical bioimpedance is equivalent to pulmonary artery thermodilution-derived cardiac index [...].'
	Spiess and colleagues ³¹	BioZ	operating theatre (cardiac surgery patients)	47	pulmonary artery thermodilution	CI	0.28 (0.67) litre min ^{−1} m ^{−2}	'Thoracic electrical bioimpedance reporting of cardiac index during coronary artery surgery generally agreed with pulmonary artery catheter thermodilution cardiac index [...].'
	Engoren and colleagues ³⁵	BioZ	intensive care unit (mixed population of critically ill patients)	46	pulmonary artery thermodilution	CO	1.0 (1.3) litre min ^{−1}	'Bioimpedance [and] thermodilution [...] determinations of cardiac outputs are not interchangeable in a heterogeneous population of critically ill patients.'
Thoracic bioreactance								
	Squara and colleagues ⁴⁹	NICOM	intensive care unit (postoperative cardiac surgery patients)	110	pulmonary artery thermodilution	CO	−0.06 (0.71) litre min ^{−1}	'Cardiac output measured by NICOM had most often acceptable accuracy [and] precision [...] in a wide range of circulatory situations.'
	Raval and colleagues ⁵⁰	NICOM	cardiac care units, intensive care units, cardiac catheterization laboratories (mixed population)	111	pulmonary artery thermodilution	CO	intensive care units: −0.09 (1.22) litre min ^{−1} catheterization laboratories: −0.17 (1.04) litre min ^{−1}	'On average, compared to thermodilution, bioreactance-based NICOM has acceptable accuracy in challenging clinical environments.'
	Kober and colleagues ⁵³	NICOM	operating theatre (surgical patients with ovarian cancer)	15	transpulmonary thermodilution	CI	−0.26 (0.85) litre min ^{−1} m ^{−2}	'Cardiac index assessment by bioreactance showed acceptable accuracy [...]. However, its precision was poor .'

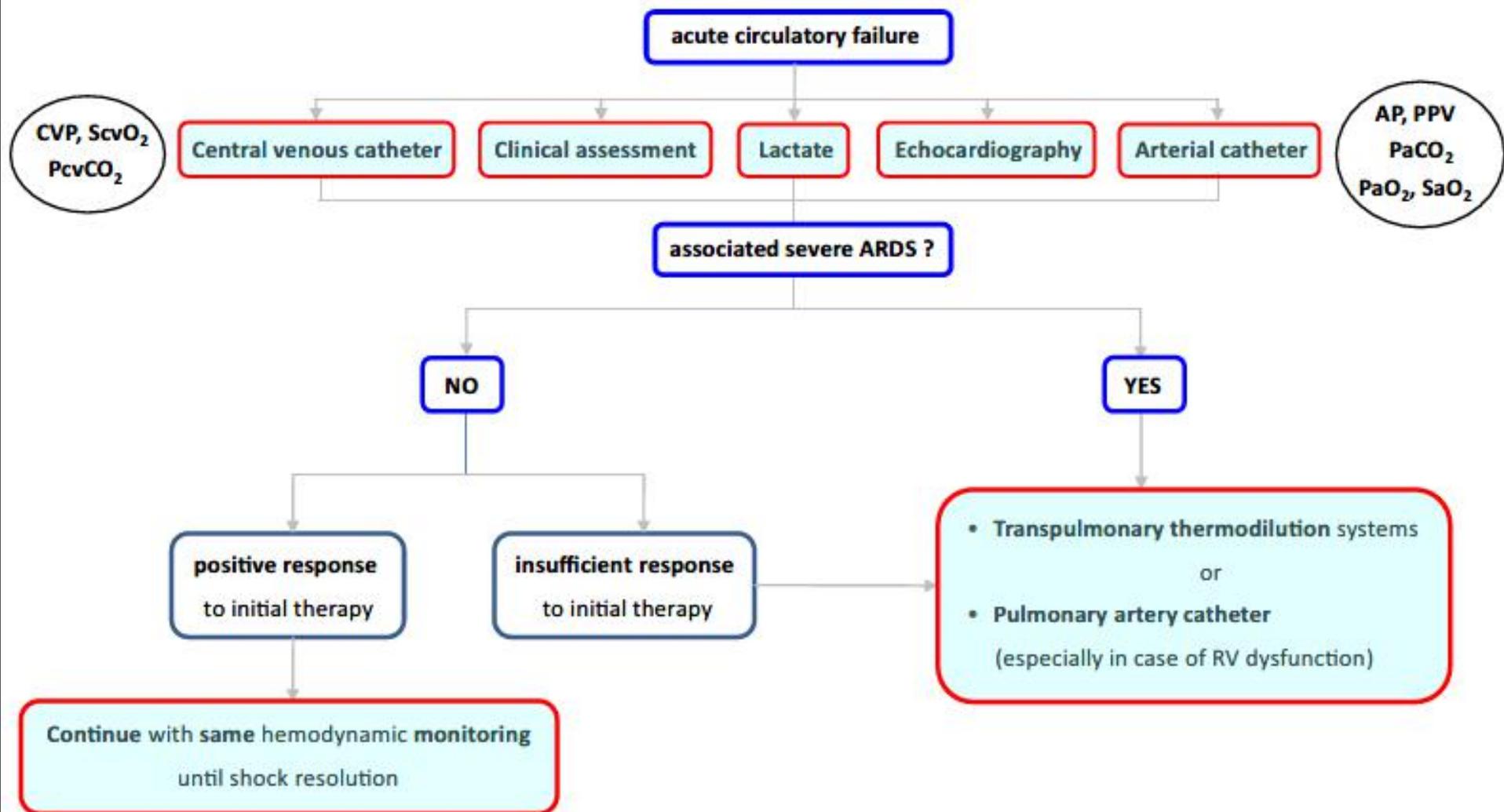
Noninvasive continuous cardiac output monitoring in perioperative and intensive care medicine

B. Saugel^{1†*}, M. Cecconi^{2†}, J. Y. Wagner¹ and D. A. Reuter¹

Technology	Study/Reference	Studied device	Setting (patient population)	No. of patients	Criterion standard technology	Cardiac output (CO) or Cardiac index (CI)	Bias (standard deviation) (criterion standard - studied technology)	'Conclusion'
<u>Vascular unloading technique</u>								
	Broch and colleagues ⁶³	Nexfin	operating theatre (cardiac surgery patients)	40	transpulmonary thermodilution	CI	pre-cardiopulmonary bypass 0.06 (0.27) litre min ⁻¹ m ⁻² post-cardiopulmonary bypass 0.09 (0.37) litre min ⁻¹ m ⁻²	'We conclude that the Nexfin is a reliable method of measuring cardiac output during and after cardiac surgery.'
	Bubenek-Turconi and colleagues ⁶⁷	Nexfin	intensive care unit (postoperative cardiac surgery patients)	28	pulmonary artery thermodilution	CO	0.00 (1.0) litre min ⁻¹	'[...] the Nexfin has limited accuracy when compared with the pulmonary artery catheter [...].'
	Monnet and colleagues ⁶⁸	Nexfin	intensive care unit (mixed critically ill patients)	38	transpulmonary thermodilution	CI	0.20 (1.02) litre min ⁻¹ m ⁻²	'The estimation of cardiac index by the Nexfin device in critically ill patients is not reliable [...].'

Less invasive hemodynamic monitoring in critically ill patients.

Teboul JL¹, Saugel B², Cecconi M³, De Backer D⁴, Hofer CK⁵, Monnet X⁶, Perel A⁷, Pinsky MR⁸, Reuter DA², Rhodes A³, Squara P⁹, Vincent JL¹⁰, Scheeren TW¹¹.





Grazie per l'attenzione