

# PiCCO – Mätvärden och Tolkning

## Innehåll

Förändringar i denna version.....	1
Syfte.....	1
Bakgrund .....	2
<b>Normalvärden</b> .....	2
Arbetsbeskrivning .....	4
<b>Kontinuerliga mätningar</b> .....	4
<b>Övriga parametrar</b> .....	5
<b>Fluid responsiveness</b> .....	6
<b>Tolkning av PiCCO</b> .....	7
<b>PiCCO Decision Tool</b> .....	7
Referensförteckning .....	8

## Förändringar i denna version

Förutom redaktionella ändringar även förtydliganden gällande felkällor.

Tillägg av förklaring av parametrarna dPmx (surrogatmått för Left Ventricular Contractility) och PVPI (Pulmonary Vascular Permeability Index).

Tillägg av styckena Fluid responsiveness, Tolkning av PiCCO och PiCCO Decision Tool.

## Syfte

Ge översiktlig information om de mätvärden PiCCO-metoden ger och underlag för hur de kan tolkas.

## Bakgrund

### Normalvärden

Indexerade värden tar hänsyn till patientens storlek och ger jämförbara mått mellan olika patienter.

PiCCO-värden dokumenteras på ett särskilt protokoll för att trender ska kunna följas över tid [Picco-protokoll, registrering av hemodynamik](#)

		Central Venous Oxygenation - Oxygenation Balance (Oxygen load of the venous blood after passing through the organs)	ScvO <sub>2</sub> *	70-80 %	
		O <sub>2</sub> Consumption (Consumption of O <sub>2</sub> by organs)	VO <sub>2</sub> I	125-175 ml/min/m <sup>2</sup>	
Oxygen Delivery	O <sub>2</sub> Delivery (Delivery of O <sub>2</sub> via blood to organs)		DO <sub>2</sub> I	400-650 ml/min/m <sup>2</sup>	
	Hemoglobin (Oxygen transporter in blood)		Hb**	8.7-11.2 mmol/l (Male) 7.5-9.9 mmol/l (Female)	
	Arterial / capillary oxygen saturation (Oxygen load of arterial blood)		SaO <sub>2</sub> /SpO <sub>2</sub>	96-100 %	
Blood Flow	Flow	Cardiac Index (Trend, Cal, td, PC)	CI	3.0-5.0 l/min/m <sup>2</sup>	
	Chronotropy	Heart Rate/Pulse Rate	HR/PR	60-100 1/min	
	Stroke Volume	Stroke Volume Index (Output per heart beat)		SVI	40-60 ml/m <sup>2</sup>
		Preload	Global Enddiastolic Volume Index (Volume of blood in the heart)	GEDI	680-800 ml/m <sup>2</sup>
			Intrathoracic Blood Volume Index (Volume of blood in heart & lungs)	ITBI	850-1000 ml/m <sup>2</sup>
			Stroke Volume Variation (Dynamic fluid responsiveness)	SVV***	<10 %
		Pulse Pressure Variation (Dynamic fluid responsiveness)	PPV***	<10 %	
	Afterload	Systemic Vascular Resistance Index (Resistance of vascular system)	SVRI	1700-2400 dyn*s*cm <sup>5</sup> *m <sup>2</sup>	
		Mean Arterial Pressure	MAP	70-105 mmHg	
	Contractility	Global Ejection Fraction (Ratio of stroke volume & preload)		GEF	25-35%
Left Ventricular Contractility (Increase of arterial pressure over time)		dPmx	Trend info - mmHg/s		
Cardiac Function Index (Ratio of CI and preload)		CFI	4.5-6.5 l/min		
Cardiac Power Index (Global cardiac performance)		CPI	0.5-0.7 W/m <sup>2</sup>		
Lung	Extravascular Lung Water Index (Lung edema)		ELWI	3.0-7.0 ml/kg	
	Pulmonary Vascular Permeability Index (Permeability of lung tissue)		PVPI	1.0-3.0	

Bild från Getinge.

PiCCO kan användas när mer detaljerad hemodynamisk monitorering är nödvändig, t ex vid massivt inotropiskt stöd, hjärtsvikt, hotande eller manifest multiorgansvikt. Målsättningen är att optimera adekvat syreleverans till kroppens vävnader.

Metoden kombinerar två tekniker; temperaturspädning vid kalibrering (transpulmonell termodilution) och kontinuerlig analys av artärkurvas kontur. Metoden kräver att det finns en temperatursensor monterad på en CVK, med spetsen i anslutning till höger förmak, och en speciell artärkateter med temperatursensor (PiCCO-kateter). Det finns PiCCO-katetrar både för placering i a. femoralis och a. brachialis. På vår enhet har vi endast katetrar för a. femoralis. Genom att en bestämd volym av kall lösning injiceras genom temperatursensorn vid CVK:n och effekten på temperaturförändringen i blodet registreras av temperatursensorn på artärkatetern, kan hemodynamiska parametrar beräknas (CO, SV, SVR, dPmx, CFI, GEF, GEDV, ITBV, EVLW, PVPI). Analys av

pulskonturkurvan kalibreras mot termodilutionsmätningarna. Areal under kurvan ger ett mått på SV och därmed kan man få en dynamisk, kontinuerlig tolkning av CO dvs CCO (= Continuous Cardiac Output) och SVR samt även SVV. Parametrar som innefattar en volymskomponent brukar som regel indexeras till kroppsytan och besvaras som "per kvadratmeter BSA" och parametern förkortas då med tillägget "I" för "Index". Indexering bör göras med patientens idealvikt (Predicted Body Weight, PBW).

Mätvärden som erhålles via termodilution kan bli missvisande vid förekomst av intrakardiell shunt, klaffel och tillstånd som påverkar den intrathorakala cirkulationen (större lungemboli, lobektomi), men trenden kan användas.

Mätvärden som erhålles via pulskonturanalys påverkas av oregelbunden hjärtrytm varför man vid signifikant arytmi, inklusive förmaksflimmer, inte ska lita på just de mätvärdena.

En ytterligare möjlig felkälla kan vara terapeutiska interventioner. Det som kan vara aktuellt hos oss är CRRT. PiCCO kan användas och analyseras som vanligt även vid CRRT men man ska försöka undvika att ha CDK-spetsen där dialysflödet interfererar med termodilutions-flödet och kalibrering ska undvikas vid uppstart och avstängning av CRRT.

#### [Guide till patientrelaterade felkällor vid användning av PiCCO](#)

Patologi i arteria femoralis utgör naturligtvis en kontraindikation att sätta artärkateter där, t ex grav kärlsjukdom/förekomst av graft.

Vid kalibrering av PiCCO erhålles en stor mängd data uträknade dels på basen av cardiac output, dels på basen ITTV (IntraThoracic Thermal Volume – total thorakal vätskevolym). Det senare låter sig beräknas just eftersom termodilutionen är transpulmonell jämfört med PA-kateter där man använder transkardiell termodilution. Värt att beakta är att PiCCO inte kan värdera höger- och vänsterhjärtfunktion separat utan "ser" hjärtat som en helhet.

## Arbetsbeskrivning

### Kontinuerliga mätningar

CCO, SV och SVR registreras och beräknas i realtid med pulskonturanalys och kan betraktas som primära mätvärden. Även SVV och dPmx registreras kontinuerligt baserat på artärkurvan.

#### **CO/CI – Cardiac Output, CCO/CCI – Continuous Cardiac Output**

Hjärtminutvolymen mätt via termodilution respektive pulskonturanalys.

#### **SVR/SVRI – Systemic Vascular Resistance**

SVR är ett uttryck för vänsterkammarens afterload, dvs. vilket motstånd vänsterkammaren får arbeta mot. SVR mäts i  $(\text{dyn}\cdot\text{s}/\text{cm}^5)$ . Lågt SVR innebär vasodilatation, vilken kan vara toxisk (sepsis, leversvikt, intoxication av vasoaktiv substans) eller farmakologiskt betingad (vasoaktiva läkemedel, sympatikusblockad i form av EDA eller spinal). På motsvarande sätt tolkas ett högt SVR som vasokonstriktion som antingen har farmakologisk eller sympatikoton genes. PiCCO ger en kontinuerlig mätning av SVR. SVR är dock beroende av CVP och man bör försäkra sig om att CVP-värdet är korrekt mätt när man tolkar SVR. Beräknas genom:  $80 \times [(\text{MAP}-\text{CVP}) / \text{CO}]$ .

#### **SV/SI - Stroke Volume**

Beräknad slagvolym beräknat via pulskonturanalys.

#### **dPmx – Left Ventricular Contractility**

Acceleration av blodtrycksökningen på artärtryckskurvan som ett mått på vänsterkammarens kontraktila funktion uttryckt mmHg/sekund. Snabbare acceleration tolkas som högre kontraktilitet. För dPmx anges inga normalvärden eftersom den interindividuella variationen är stor. Istället är det trenden som ska beaktas.

#### **SVV – Stroke Volume Variation**

Mått på hur mycket slagvolymerna varierar under de senaste 30 sekunderna, uttryckt i procent av det genomsnittliga värdet. Förutsätter stabil sinusrytm, kontrollerad ventilation med tidalvolym  $> 8\text{ml}/\text{kg}$  PBW samt tryckkurvor utan artefakter. SVV och PPV kan även påverkas av, och bli svårtolkat vid nedsatt lungcompliance, takykardi, förhöjt buktryck samt vid öppen thorax. Viktigt att känna till är också att vid högerkammarsvikt får man ökad SVV (och PPV) som beror på pulmonell *AFTERLOAD-variation* och som INTE ska tolkas som att patienten är preload-beroende fluid responder.

## Övriga parametrar

Resterande parametrar uppdateras enbart vid kalibrering med termodilution och kan betraktas som sekundära mätvärden. Ännu fler värden kan erhållas vid kalibrering beroende på mjukvaruinställning (CPI, LCW/LCWI, LVSW/LVSWI) men följs inte rutinmässigt på IVA Kungälv.

### **GEDV/GEDVI – Global End Diastolic Volume**

GEDV är den kombinerade enddiastoliska volymen i alla fyra hjärtrummen, dvs en hypotetisk volym som förutsätter att alla fyra hjärtrum samtidigt befinner sig i diastolisk fas. GEDV kan användas som ett mått på ”global kardiell” preload och förändringar i GEDV korrelerar bra med förändringar i SV eller CO.

GEDV kalkyleras som differensen mellan Intrathoracic Thermal Volume och Pulmonary Thermal Volume:  $GEDV = ITTV - PTV$ .

GEDV kan användas som ett sätt att monitorera ”fluid responsiveness and non-responsiveness”. Ett lågt GEDV kan kanske prediktera ”fluid responsiveness” och vice versa, men betydelsen av systolisk och diastolisk dysfunktion på tolkningen av de absoluta värdena på GEDV är inte helt klarlagd. T ex vid sepsis-inducerad systolisk dysfunktion kan det föreligga ”fluid responsiveness” trots ett högt GEDV.

### **ITBV/ITBVI – IntraThoracic Blood Volume**

ITBV motsvarar blodvolymen i hjärtat och lungkretsloppet. ITBV utgör ca 1/3 av den totala blodvolymen i kroppen och utgör därmed ett mått på den cirkulerande blodvolymen och preload (approximation på fyllnadsgrad). ITBV beräknas genom  $1,25 \times GEDV$ .

Eftersom ITBV enbart är en produkt beräknad utifrån GEDV tillför det egentligen ingen ytterligare information i sig självt. Däremot används det för beräkning av EVLW.

Det är en utmaning att optimera preload på en kritiskt sjuk patient och samtidigt undvika övervätskning med risk för vävnadsödem.

GEDV och ITBV ger en statisk ”ögonblicksbild” av ett mått på preload, som måste sättas i relation till vilken effekt en förändring av dessa värden har på kardiell funktion, CO och CCO, och samtidigt värdering av mängden lungvävnadsvätska, EVLW.

### **CFI – Cardiac Function Index**

Detta värde avspeglar hjärtats kontraktila funktion. Värdet beräknas som ett förhållande mellan CO och GEDV och representerar hjärtats inotropa status, som normalt endast kan bedömas med hjälp av ultraljud. Värdet

påverkas av inotrop behandling och kan då vara en bra effektparameter.  
Ger ett index som beräknas som:  $(CO \times 1000) / GEDV$

### **GEF – Global Ejection Fraction**

Surrogatparameter för att uppskatta hjärtats ”globala” kontraktilitet.  
Beräknas genom:  $(4 \times SV) / GEDV$ . Anges i procent.

### **EVLW/EVLWI - ExtraVascular Lung Water**

Patienter med t ex ARDS, inhalationsskador, vänsterkammarsvikt och pneumoni får en ökad kärlpermeabilitet med läckage av vätska till interstitiet i lungorna. Denna vätska benämns EVLW.

Indexering bör göras med patientens ”idealvikt” (Predicted Body Weight) för att undvika falskt lågt värde hos obesa patienter.

Extravaskulärt lungvatten beräknas som differensen mellan Intrathoracic Thermal Volume och IntraThoracic Blood Volume:  $EVLW = ITTV - ITBV$  och anges i ml/kg.

### **PVPI – Pulmonary Vascular Permeability Index**

PVPI är relationen mellan EVLW - extravaskulärt lungvatten – och PBV – pulmonell blodvolym. Detta värde kan vara intressant på en patient med lungödem påvisat med förhöjt EVLW. Ett lågt index (1–3) indikerar kardiogent lungödem och ett högt index ( $>3$ ) indikerar ökad permeabilitet såsom vid icke-kardiogent lungödem.

## **Fluid responsiveness**

Kontinuerlig CO-mätning möjliggör dynamisk testning av fluid responsiveness vilket rekommenderas. Fluid responsiveness är inte heller liktydigt med att patienten också gagnas av vätskebehandling, helhetsbilden måste beaktas. Följande två metoder är validerade:

1. **End-expiratory occlusion (EEO) test:** Förutsätter mekanisk kontrollerad ventilation utan försök till spontana andetag och tidalvolym  $> 6$  ml/kg PBW (helst  $> 8$  ml/kg PBW). Notera CO/CI under pågående stabil ventilation. Gör statisk manöver med förlängd expiration i 15–30 sek och notera förändring av CO/CI. En ökning med 5% eller mer indikerar fluid responsiveness.
2. **Passive Leg Raise:** Kan även användas på patient utan mekanisk ventilation eller med support-mode. Patienten sitter i sängen med huvudändan höjd 45 grader. Notera CO/CI. Tippa sängen så att huvudändan är i noll grader och benändan höjd 45 grader. Notera förändring av CO/CI efter 30–90 sekunder. En ökning av CO/CI med 10% eller mer indikerar fluid responsiveness.

## Tolkning av PiCCO

**Hypovolem profil:** Låg CI och SVI, hög SVRI, låg GEDVI/ITBVI, låg EVLWI, hög SVV/PPV, fluid responder, hög GEF/CFI.

**Hyperdynamisk profil:** Hög CI/SVI och låg SVRI, övriga parametrar kan variera från fall till fall och beroende på orsak. Kan vara fluid-responder (vilket inte är liktydigt med patienten SKA ha volym). Ev ses tecken till hypermetabolism med laktat-stegring som inte behöver vara relaterad till hypoperfusion. Exempel på tillstånd innefattar anafylaxi, leversvikt och tidig sepsis. Vid uttalad sympatikolys (tex neurogen chock) kan man se låg CI/SVI och låg SVRI.

**Hjärtsviktsprofil:** Sänkt CI/SVI, hög SVRI, hög GEDVI/ITBVI, hög EVLWI, låg SVV/PPV, sänkt GEF/CFI. Vid dominerande "backward-failure" kan CI/SVI vara normala. Universellt vedertagen definition av kardiogen chock saknas men CI <2,2 l/min/m<sup>2</sup>, tecken till förhöjda fyllnadstryck och tecken till vävnadshypoperfusion samt oftast också hypotension (inte obligat) kan betraktas som riktmärke för diagnos.

## PiCCO Decision Tool

Nedanstående algoritm kan fungera som beslutstöd men bör användas med viss försiktighet och tolkas som en del av en större helhetsbild. Värdering av PiCCO-data ska inte göras utan en samtidig bedömning av patientens totala cirkulation inklusive behov och doser av vasoaktiva läkemedel, blodtryck/puls, laktat, perifer cirkulation, centralvenös mättnad och målorganfunktion inklusive urinproduktion. Notera att SVRI saknas i algoritmen men förstås också ska beaktas vid terapival.

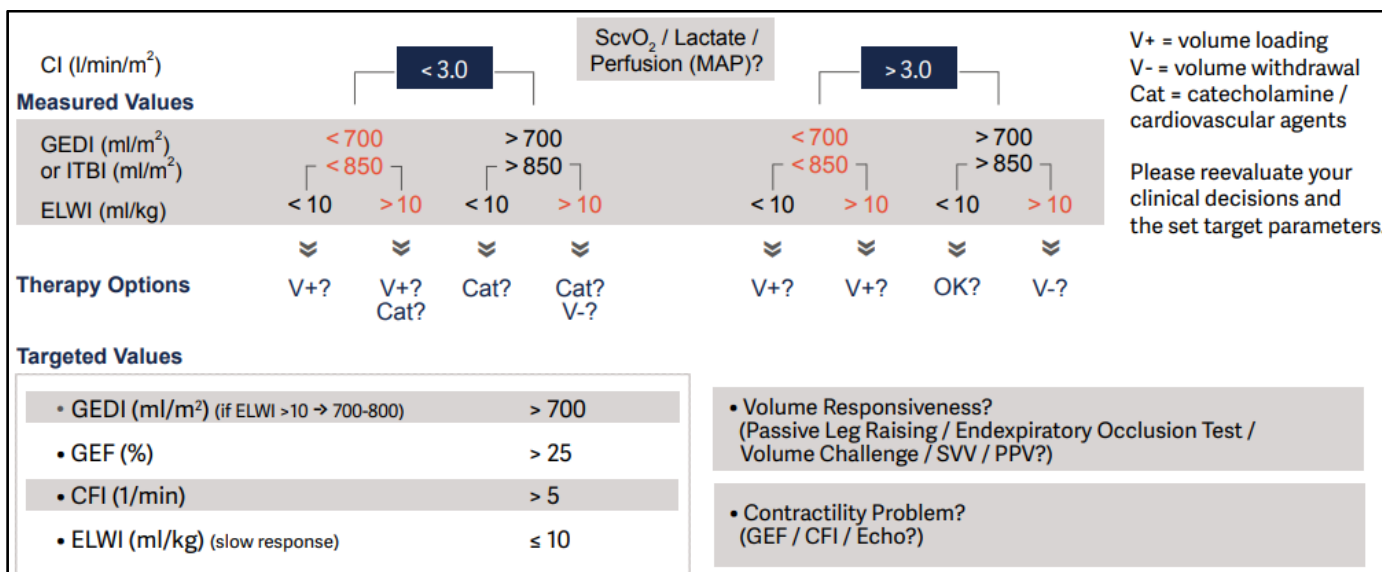


Bild från Getinge.

## Referensförteckning

- Produktmaterial från Getinge. [PiCCO Trouble Shooting Guide](#)
- Produktmaterial från Getinge. [PiCCO Technology](#)
- Produktmaterial från Getinge. [PiCCO Clinical Evidence](#)
- Produktmaterial från Getinge. [PiCCO Decision Tree](#)
- Gavelli, F., Teboul, JL. & Monnet, X. The end-expiratory occlusion test: please, let me hold your breath! Crit Care 23, 274 (2019).
- Monnet X, Marik PE, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness: an update. Ann Intensive Care. 2016 Dec;6(1):111.
- Global End-diastolic volume an emerging marker vis-a-vis other markers – Have we reached our goal? P M Kapoor et al, Annals of Cardiac Anaesthesia 2016;19(4):699-704
- Global End-diastolic volume increases to maintain fluid responsiveness in sepsis-induced systolic dysfunction. R J Trof et al, BMC Anesthesiology 2013;13:12
- Limitations of volumetric indices obtained by transthoracic thermodilution. L M Bigatello et al, Minerva Anestesiologica 2010;76(11):945-949
- Cardiac output derived from arterial pressure waveform. J Mayer et al, Current opinion in Anaesthesiology 2009,22:804-808
- Cardiac function index provided by transpulmonary thermodilution behaves as an indicator of left ventricular systolic function. J Jabot et al, Critical Care Medicine 2009;37(11):2913-2918
- How to measure and interpret volumetric measures of preload. G Della Rocca et al, Current Opinion in Critical Care 2007;13:297-302
- Global End-Diastolic Volume as an Indicator of Cardiac Preload in Patients with Septic Shock. F.Michard et al., Chest 2003;124;1900-1908
- Cardiovascular monitoring tools:use and misuse. R Bellomo et al, Current Opinion in Critical Care 2003;9(3):225-229

**Barium id: 33 328**

# Information om handlingen

**Handlingstyp:** Rutin

**Gäller för:** Intensivvårdsavdelning Kungälv

**Innehållsansvar:** Jesper Wallskog, (jeswa1), Överläkare

**Godkänd av:** Christina Bergqvist Grivans, (chrgr6), Överläkare

**Dokument-ID:** SV9761-782711715-280

**Version:** 3.0

**Giltig från:** 2024-10-23

**Giltig till:** 2026-10-23