



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Cardiac output measurement : evaluation of methods in ICU patients

Wilde, R.B.P. de

Citation

Wilde, R. B. P. de. (2009, June 11). *Cardiac output measurement : evaluation of methods in ICU patients*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/13834>

Version: Corrected Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/13834>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Chapter 9

Summary and conclusions

Samenvatting en conclusies

Summary

Chapter 1

Accurate clinical assessment of the circulatory status is particularly desirable in critically ill patients in the intensive care unit (ICU) and patients undergoing cardiac, thoracic, or vascular interventions. As the patient's haemodynamic status may change rapidly, continuous monitoring of cardiac output will provide information allowing rapid adjustment of therapy.

Aim of this thesis is an overview and evaluation with respect to less invasive cardiac output measurement and monitoring systems, especially the pulse contour technique.

The introduction highlights historical and physiological aspects of cardiac output measurement and effect of respiratory changes on blood flow and pressure. Secondly it introduces methodological aspects of measurement, with attention to the reference method and analysis of agreement.

Chapter 2

Because pulse contour cardiac output is derived from the input signal from the arterial blood pressure, it can be deduced that the place of measurement could be of major interest to the results found. The shape of the arterial blood pressure signal depends on the location of measurement. In this context, it is useful to investigate whether and how cardiac output differs when radial or femoral blood pressure signals are used.

The first commercially available cardiac output monitoring systems based on the pulse contour method is the PiCCO-system. This system is prior to measurement to be calibrated (by transpulmonary thermodilution), requiring a central venous for bolus infusion and a thermistor tipped femoral catheter. Our study was performed to determine the interchangeability of femoral artery pressure and radial artery pressure as input of the PiCCO-system (Pulsion Medical Systems, Munich, Germany).

We studied fifteen intensive care patients after cardiac surgery. A five second averages of the cardiac output derived from the femoral artery pressure (CO_{fem}) were compared to 5 second averages derived from the radial artery pressure (CO_{rad}). The equality of the two PiCCO devices (A and B), used in this study, was confirmed in dataset of 1243 comparative cardiac output values (CO_{fem}), Figure 9.1a.

One patient was excluded from our study because of problems in the pattern recognition of the arterial pressure signal. In the remaining fourteen patients, 14734 comparative cardiac output values were analysed. The mean sample time was 88 min, range [30 - 119 min]. Mean (SD) CO_{fem} was 6.24 (1.1) l.min⁻¹ and mean CO_{rad} was 6.23 (1.1) l.min⁻¹.

We concluded that femoral artery pressure and radial artery pressure are interchangeable as input of the PiCCO device, allowing change to the radial artery pressure line if the preferred femoral artery pressure line is no longer available for use.

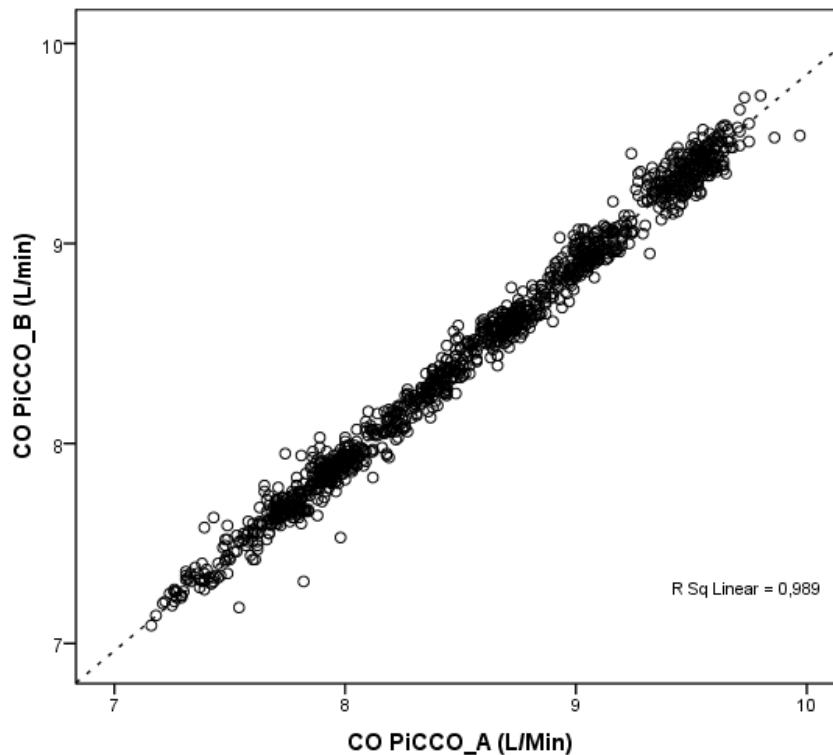


Fig. 9.1a. Analysis of two used PiCCO devices with linear regression. In analysis one data set used (N 1243) Values on X and Y axis are CO in L/min. Equation of linear regression is $y = 0.99x$, $r^2 = 0.99$

Chapter 3

Bias, precision and tracking ability of five different pulse contour methods were evaluated by simultaneous comparison of cardiac output values with that of the conventional intermittent thermodilution technique (COtd). The five different pulse contour methods enclosed in this study were: Wesseling's method (cZ); the Modelflow method; the PulseCO system (LiDCO Ltd., UK); the PiCCO system (Pulsion Medical Systems, Germany) and a recently developed Hemac method.

We studied twenty-four cardiac surgery patients undergoing uncomplicated coronary arterial bypass grafting. In each patient, the first series of COtd values was used to calibrate the five pulse contour methods. All pulse contour techniques need a reliable invasive calibration. After calibration, most methods may replace the thermodilution method with a precision of $\approx 10\%$ (i.e. the averaged result of three randomly performed measurements). The Modelflow and Hemac technique even, might replace the thermodilution estimates based on the averaged result of four measurements done equally spread over the ventilatory cycle i.e. a precision of $\approx 5\%$. The slightly lower precision of the continuous pulse contour cardiac output techniques may compared to COtd, in clinical settings, be outweighed by the advantages of being automatic and continuous. However, under research conditions the use of conventional thermodilution method with four measurements equally spread over the ventilatory cycle remains the method of choice.

Due to the character of the examined study population, we need to emphasize that the findings of this study are restricted to patients without congestive heart failure, with normal heart rhythm and reasonable peripheral circulation.

Chapter 4

In a review we focus on the PiCCO device: the first widely available commercial system for measuring and monitoring of cardiac output by arterial pulse contour analysis. We described the basic principle of the device and the monitoring approach. Furthermore, we reviewed the main parameters and discussed the use as well as the limitations of this device in the light of our own experience.

From the literature and our own comparative studies using different pulse contour cardiac output systems, we concluded that the accuracy (bias), precision (SD) as well as the tracking of changes in cardiac output by the PiCCO system is inferior to most of its competitors. During our use of the PiCCO system, several technical and patient related limitations were uncovered by coincidence. The technical limitations were related to i) incorrect detection of heart beats, ii) incorrect detection of ejection phase, iii) no detection of damped arterial pressure tracings, all leading to incorrect computations of cardiac output. Patient-related problems were found during severe episodes of bleeding and cardio-pulmonary anatomical abnormalities.

In most cardiothoracic patients, stroke volume variation (SVV) or pulse pressure variation (PPV) to monitor preload dependency was only useful for a short time as most patients were weaned from the ventilator shortly after arrival in the ICU. In patients who are candidates for a heart assist device (intra-aortic balloon pump) a femoral arterial puncture for application of the PiCCO device is contra-indicated. We experienced, consistent with literature, that measurement of global end diastolic volume index (GEDVI) and intrathoracic blood volume index (ITBVI) in cardiomyoplasty patients is irrelevant. Furthermore we have, based on theory and observation, the impression that the precision of these variables is dependent on SVV. From the foregoing we consider that the PiCCO system is of limited value in monitoring cardiothoracic patients.

Chapter 5

In 2006 a new pulse contour monitoring system was introduced by Edwards Lifesciences, (Irvine, CA USA), the FloTrac-Vigileo-system. Unlike the PiCCO and the PulseCO system this new monitoring system don't need to be calibrated, with an external calibration method. Because the challenging prospects in clinical practice, this un-calibrated pulse contour method, gained our interest and was entered in a study. In a first evaluation, we studied twenty-eight cardiothoracic surgical patients, after ICU admission. The performance of the new un-calibrated FloTrac-Vigileo system was compared with simultaneously obtained cardiac output values with Vigilance continuous pulmonary artery thermodilution, the calibrated PiCCOplus, and LiDCOplus. All systems were evaluated with the intermittent pulmonary artery thermodilution as reference method.

The number observation periods varied between 4 and 8 per patient. Data was collected during standard care. Data was analyzed with respect to bias and precision (classical Bland - Altman statistics), cardiac output changes and stability of calibration (drift). We concluded that the performance of pulse contour methods is significantly increased the last few years, which makes comparisons with older

publications invalid. The auto-calibrated FloTrac-Vigileo system can replace the ones calibrated LiDCO and PiCCO system. The Vigilance continuous thermodilution method agreed the best with bolus thermodilution and had the highest score in following slow changes in cardiac output. The auto-calibrated FloTrac-Vigileo and the ones calibrated LiDCO system showed best performance in detecting beat-to-beat cardiac output changes.

Chapter 6

New developed cardiac output (CO) methods are preferred to be minimal invasive, or at least do not add supplementary invasive procedures for external calibration.

The only two candidate methodologies available, compliance concordant with this demand are the ultrasound and pulse contour methods. In this chapter we evaluated the transesophageal ultrasound, HemoSonic 100 monitorsystem (ARROW International, USA), the un-calibrated Modelflow and the auto-calibrated FloTrac-Vigileo, from which the last two are both pulse contour systems.

In thirteen postoperative cardiac surgical patients paired CO values of these un-calibrated cardiac output monitoring methods were compared with intermittent pulmonary thermodilution cardiac output before, during and after four study interventions. These interventions were: tidal volume increase of 50%, increase of positive end expiratory pressure (PEEP) by 10 cmH₂O, passive leg raising (PLR) and head-up position (HUT) of the patient.

The un-calibrated Modelflow method showed best performance in estimation of cardiac output. Changes in cardiac output by thermodilution were tracked significantly by HemoSonic and un-calibrated Modelflow whereas auto-calibrated FloTrac-Vigileo overestimated the changes in cardiac output. Directional changes in cardiac output by thermodilution were detected with a high score by all three methods.

Chapter 7

Cardiac output by Modelflow pulse contour method can be monitored quantitatively and continuously only after an initial calibration, to adapt the model to an individual patient. The Modelflow method (COMf) computes beat-to-beat cardiac output from the radial artery pressure, by simulating a three-element model of aortic impedance with post-mortem data from human aortas. In an improved version of Modelflow (COMfc) we adapted this model to a real time measure of the aortic cross-sectional area (CSA) of the descending aorta just above the diaphragm, by a transoesophageal echo device (HemoSonic 100). The COMf and COMfc were compared with intermittent pulmonary thermodilution cardiac output in twenty-four patients in the intensive care unit. Each COtd value was the average cardiac output value of four intermittent pulmonary thermodilution cardiac output measurements equally spread over the ventilatory cycle.

After diameter-calibration, the improved Modelflow pulse contour method reliably estimates cardiac output without the need of a calibration with thermodilution, leading to a less invasive cardiac output monitoring method.

Chapter 8

With the introduction of continuous cardiac output measurement by arterial pulse contour analysis, real time measurement of stroke volume, and stroke volume variation (SVV) during mechanical ventilation was introduced in clinical practice. Studies showed, SVV to be a good indicator of fluid responsiveness. Only one study reported a lack of correlation between SVV and the response of the cardiac output to fluid loading. Pinsky, in two separate publications advised caution in the clinical use of SVV, he stated; “although validation of mean SV is adequate by the pulse contour technique, it is not been validated to monitor rapid changes in SV, which will occur over a single breath”. This is further complicated by the fact that different algorithms are been used by different monitoring systems. In this light, clinical validation studies of SVV by various pulse contour monitoring systems seem important.

In this chapter we reported on a study aimed to compare left ventricular stroke volume variation measured by PulseCO (LiDCO) and FloTrac-Vigileo system (Edwards Lifesciences). After informed consent, all measurements were collected during standard clinical care in fifteen postoperative cardiac surgical patients. Clinical relevance of SVV was evaluated by enforced changes in left ventricular preload. Applied study interventions included an increase of tidal volume and the level of PEEP, passive leg raising (PLR), a tilt procedure of the patient (HUT), and volume loading (500 ml Voluven).

At baseline and study interventions SVV(LiDCO) and SVV(Edwards) differ significantly. With percentage limits of agreement of 52% (pooled data) the two methods do not agree and cannot be used interchangeably. Furthermore, the determination of SVV(LiDCO) and SVV(Edwards) appeared to be ambiguously as can be concluded from the high value of the coefficient of variance (21 and 22%) for repeated measurements. These findings limit clinical use in individual patients and limit the comparability of fluid loading responsiveness results between different studies.

Conclusions

- Intermittent pulmonary thermodilution cardiac output with pulmonary artery catheter was used as reference measurement in all studies without complications.
- The average value of cardiac output using four equally spread measurements over the ventilatory cycle, the error of measurement (calculated as coefficient of variation), was $< 5\%$.
- Of the cardiac output measurement and monitoring systems, the arterial derived pulse contour, Modelflow performed best. The Modelflow and Hemac technique, can replace the thermodilution estimates based on the averaged result of four intermittent pulmonary thermodilution cardiac output measurements, equally spread over the ventilatory cycle.
- Considering stability of calibration or drift in time, the PulseCO system performed better than the PiCCO system and FloTrac-Vigileo system.
- In our studies, we included only cardiac surgical patients. Therefore study results may not be valid for other patient categories or an entire adult ICU-population. Validation studies using other groups of patients are warranted.

Samenvatting

Hoofdstuk 1

Nauwkeurige klinische beoordeling van de hemodynamische conditie is bijzonder wenselijk bij de ernstig zieke patiënten op de Intensive Care (IC) en patiënten in de direct postoperatieve fase. Deze hemodynamische conditie kan snel veranderen en zich openbaren als daling in bloeddruk en/of afname van de hoeveelheid bloed die door het hart per minuut uitgedrukt kan worden (cardiac output). Continue bewaking van de cardiac output kan informatie verschaffen die aanpassing van de therapie mogelijk maakt.

Doel van dit proefschrift is een overzicht en evaluatie te geven van de minder invasieve cardiac output meet- en monitorsystemen, in het bijzonder de verschillende puls-contourmethoden die momenteel op de IC-afdelingen worden gebruikt.

In de introductie zullen historische en fysiologische aspecten van het meten van de cardiac output en de hart-longinteractie voor het voetlicht gebracht worden. Tevens wordt ingegaan op methodologische aspecten van de meting, met extra aandacht voor de referentiemethode en de analyse van de mate van overeenkomst tussen cardiac-outputmethoden.

Hoofdstuk 2

Puls contour cardiac output wordt afgeleid van het arteriële bloeddruksignaal (inputsignaal). Hierdoor zal de plaats van meten in de bloedsomloop van groot belang kunnen zijn voor de waarden van gevonden resultaten. De vorm van het arteriële bloeddruksignaal is immers afhankelijk van de plaats van meten. In dit kader is het zinvol om te onderzoeken of en hoe groot de cardiac-outputverschillen zijn als bloeddruksignalen van verschillende meetplaatsen gebruikt worden.

In dit hoofdstuk wordt de uitwisselbaarheid van arteria-femoralis- en arteria-radialisbloeddruk als inputsignaal van het PiCCO-systeem (Pulsion Medical Systems, München, Duitsland) getest.

We bestudeerden dit in vijftien IC-patiënten na een openhartoperatie. Gemiddelden van vijf opeenvolgende cardiac-outputwaarden van de arteria-femoralisdruk (CO_{fem}) werden vergeleken met waarden afgeleid van de arteria-radialisdruk (CO_{rad}). Voorafgaand aan het onderzoek werden de twee gebruikte monitoren met elkaar vergeleken door een identiek inputsignaal (CO_{fem}) te gebruiken. Met een testset van 1243 cardiac-outputwaarden vonden we een goede correlatie (Figuur 9.1b). Hieruit bleek dat de twee PiCCO-monitoren (A en B) de cardiac-outputwaarden identiek meten. Gegevens van één patiënt werden niet meegenomen in de evaluatie.

Bij de overgebleven veertien patiënten werden in totaal 14734 gelijktijdig opgenomen cardiac-outputwaarden (CO_{fem} en CO_{rad}) geanalyseerd. Hieruit bleek dat het bloeddruksignaal van de arteria femoralis en de arteria radialis als inputsignaal voor de PiCCO-monitor, uitwisselbaar zijn. Waarmee gesteld mag worden dat, indien de druklijn van de arteria femoralis niet (meer) beschikbaar is, cardiac output ook via de arteria radialis bepaald kan worden.

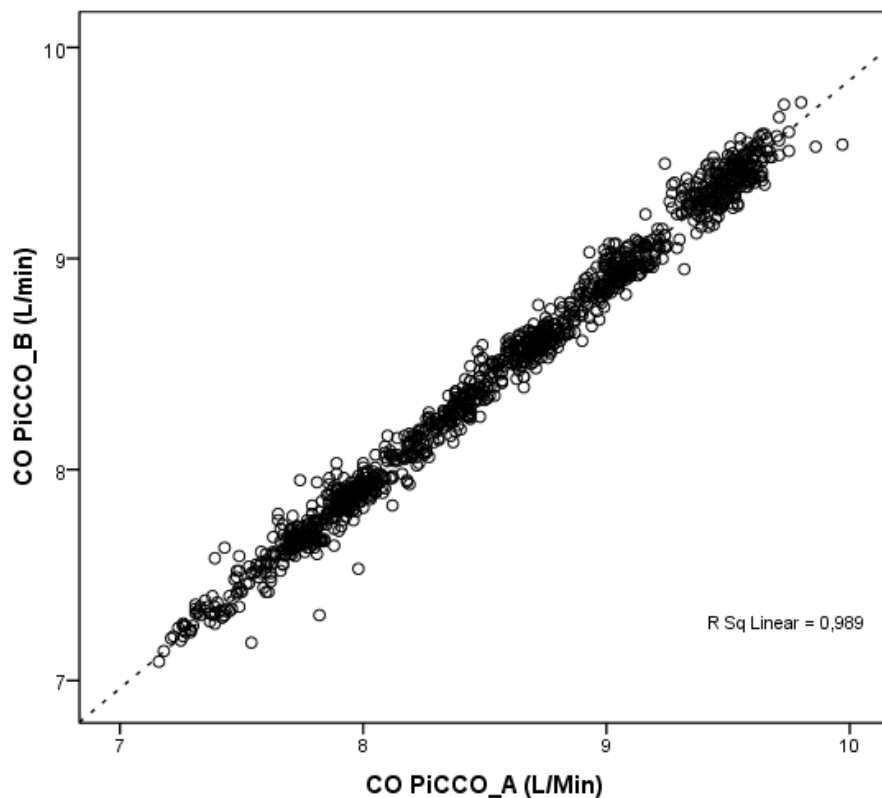


Fig. 9.1b. Analyse van de twee gebruikte PiCCO-apparaten met lineaire regressie. Analyse van een testset van 1243 cardiac-outputwaarden. De cardiac-outputwaarden (CO) van de X en Y-as worden weergegeven in L/min. Lineaire regressie $y = 0.99x$, $r^2 = 0.99$.

Hoofdstuk 3

Dit hoofdstuk beschrijft een studie waarbij de nauwkeurigheid en precisie van verschillende puls-contourmethoden van cardiac-outputmeting onderzocht werden. In deze studie werden gelijktijdig gemeten cardiac-outputwaarden vergeleken met de waarden van de conventionele thermodilutietechniek (COTd). De vijf verschillende puls-contourmethoden in deze studie waren: Wesseling-methode (cZ); de Modelflow-methode; het LiDCO-systeem; het PiCCO-systeem en een recent ontwikkelde puls-contourmethode, Hemac. We onderzochten cardiac-outputdata in vierentwintig patiënten die een ongecompliceerde coronaire arteriële bypassoperatie (CABG) hadden doorstaan. Bij elke patiënt werd de eerste reeks van COTd-waarden gebruikt voor kalibratie van de vijf bestudeerde puls-contourmethoden. Na kalibratie hebben we 199 gelijktijdig opgenomen cardiac-outputwaarden kunnen analyseren.

Uit onderzoek bleek dat na kalibratie de meeste onderzochte meetmethoden de referentiemethode (bolusthermodilutie, COTd) met een nauwkeurigheid van 10% konden vervangen. De Modelflow en Hemactechniek hadden een grotere precisie dan de andere puls-contourmethoden. Beiden konden de thermodilutiemethode, overeenkomend met het gemiddelde meetresultaat van vier metingen die gelijkmatig over de ademcyclus verdeeld zijn, vervangen. In het kader van onderzoek blijft de conventionele thermodilutiemethode, met vier gelijkmatig over de ademcyclus verdeelde metingen, de meetmethode van keuze. Echter de iets lagere nauwkeurigheid van de continue puls-contourtechniek wordt in de klinische setting mogelijk gecompenseerd door de voordelen van een automatische en continue waarneming.

Uitgaande van de eigenschappen van de onderzoekspopulatie, beklemtonen we dat de resultaten van deze studie beperkt kunnen zijn tot patiënten die leiden aan chronisch hartfalen met een normaal hartritme en zonder uitgebreide aandoeningen van het perifere vaatbed.

Hoofdstuk 4

In dit overzichtsartikel beschrijven we onze ervaringen met het PiCCO-systeem. Het PiCCO-systeem is het eerste commerciële systeem, gebaseerd op puls-contouranalyse, dat klinisch gebruikt werd voor het meten en monitoren van de cardiac output. We beschrijven de fundamentele beginselen van de meetmethode en de follow-up benadering. Bovendien bespreken we, in het licht van onze eigen ervaring, de belangrijkste secundaire parameters die naast arteriële bloeddruk en de cardiac output worden weergegeven. Uit de literatuur en uit onze eigen vergelijkende studies naar de verschillende puls-contourmeetmethoden van cardiac output zijn we tot de slotsom gekomen dat de nauwkeurigheid (bias), precisie (SD), als mede het volgen van veranderingen in de cardiac output van het PiCCO-systeem de mindere is in vergelijking met haar concurrenten. Tijdens het gebruik van het PiCCO-systeem werden een aantal technische en patiëntgerelateerde beperkingen blootgelegd. De technische beperkingen zijn in verband te brengen met i) een onjuiste indeling van de hartslag, ii) een verkeerde detectie van de ejectiefase van de hartcyclus, iii) dat geen oplossing geboden wordt ten aanzien van eventuele damping van het arteriële bloeddruksignaal, wat leidt tot onjuiste berekening van de cardiac output. Ook omdat slagvolumevariatie (SVV) en variatie van polsdruk (PPV) als dynamische parameters voor vulling alleen betrouwbaar gemeten kunnen worden bij beademende patiënten, zijn deze van beperkte waarde bij de groep postoperatieve thoraxchirurgische patiënten die wij onderzochten. Deze groep patiënten wordt immers na operatie vrij snel ontwend van de beademing. Tevens beschrijven we enkele patiëntgerelateerde problemen. Bij patiënten met uitgebreide perifere vaatafwijkingen en patiënten waarbij de hartfunctie tijdelijk ondersteund moet worden met een intra-aorta-ballonpomp, is bewaking met het PiCCO-systeem niet mogelijk en is de introductie van een arteriële katheter in de arteria femoralis zelfs gecontra-indiceerd. Naar onze ervaring en in overeenstemming met de literatuur, is het meten van volumetrische parameters als ‘Global Eind Diastolische Volume Index’ (GEDVI) en het ‘Intra Thoracaal Bloedvolume Index’ (ITBVI) bij patiënten met een vergroot hart, zoals het geval is bij ernstige cardiomyopathie, niet relevant. Bovendien hebben we, op basis van de achterliggende theorie, de indruk dat de nauwkeurigheid van deze parameters afhankelijk is van SVV. Uit het voorgaande zijn wij van mening dat het PiCCO-systeem van beperkte waarde is tijdens de postoperatieve bewaking bij de groep van thoraxchirurgische patiënten op de IC.

Hoofdstuk 5

In 2006 werd een nieuw puls-contourmethode geïntroduceerd welke niet geijkt hoeft te worden, met een externe kalibratiemethode. Ook deze ongekalibreerde puls-contourmethode, FloTrac-Vigileo (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) werd in het onderzoek betrokken.

Wij vergeleken de gelijktijdig continu gemeten cardiac-outputwaarden van het FloTrac-Vigileo-monitorsysteem, de LiDCOplus (LiDCO Ltd. UK), het PiCCOplus monitorsysteem (Pulsion Medical Systems, Duitsland), en de continue cardiac output

(CCO) met intermitterende bolusthermodilutie cardiac-outputwaarden (COtd), gemeten met Swan-Ganzkatheter en de Vigilance-monitor (Edwards, Lifesciences, Irvine, CA, USA). Cardiac-outputgegevens werden tijdens standaard klinische zorg verzameld. Hiervoor werden achtentwintig patiënten geïncludeerd die na een openhartoperatie op de IC werden opgenomen. Het aantal observaties varieerde tussen de 4 en 8 per patiënt.

We stelden vast dat de betrouwbaarheid van de puls-contourmethoden de laatste jaren dermate is toegenomen dat vergelijking met oudere publicaties niet langer gerechtvaardigd is. Uit de gevonden resultaten konden we ook concluderen dat de cardiac-outputwaarden gemeten met het FlowTrac-Vigileo-systeem uitwisselbaar zijn met die van het LiDCO- en PiCCO-systeem. Voorts stelden we vast dat de cardiac-outputwaarden met de continu gemeten cardiac output (CCO) het meest overeenkwamen met de waarden die we vonden met bolusthermodilutiemethode. Ook stelden we vast dat CCO de hoogste score had in het volgen van langzame veranderingen in de cardiac output. Alle puls-contoursystemen, met uitzondering van de LiDCO, toonden een significante drift in relatie met de tijd. Het FloTrac-Vigileo systeem en de eenmalig gekalibreerde LiDCO-systeem presteerden het best bij snelle veranderingen in de cardiac output (veranderingen in slagvolume).

Hoofdstuk 6

De nieuw te ontwikkelen meetmethoden van de cardiac output moeten bij voorkeur minimaal invasief zijn of moeten in ieder geval toegepast kunnen worden zonder aanvullende invasieve procedures voor externe kalibratie. Tot op heden zijn slechts twee methoden beschikbaar. Deze meetmethoden zijn gebaseerd op de Doppler-ultrageluidtechniek en de puls-contourmethode. In dit hoofdstuk beschrijven we een studie waarbij gelijktijdig verzamelde cardiac-outputwaarden met het HemoSonic 100-systeem (Doppler-ultrageluid), de ongekalibreerde Modelflow en het FloTrac-Vigileo-systeem vergeleken werden met de cardiac-outputwaarden die met bolusthermodilutietechniek waren gemeten.

Bij dertien postoperatieve thoraxchirurgische patiënten werden veranderingen in cardiac output gegenereerd door vooraf afgesproken interventies uit te voeren. De cardiac-outputwaarden werden voor, tijdens en na de interventies geregistreerd. De interventies waren verandering van het opgelegde slagvolume van de beademing (toename van 50%), verhoging van de positieve eindexpiratoire druk (PEEP) met 10 cm H₂O, autotransfusie door de benen 45° op te tillen (passive leg raising, PLR) en houdingsverandering door de patiënt 30° in anti-Trendelenburg te leggen (head up tilt, HUT).

De ongekalibreerde Modelflowmethode bleek de beste in het schatten van de cardiac output. De mate van de cardiac-outputverandering (ΔCO) was identiek tussen de pulmonale thermodilutietechniek en HemoSonic 100 en ongekalibreerde Modelflowmethode. Het automatisch gekalibreerd FloTrac-Vigileo-systeem bleek de veranderingen in de cardiac output te overschatten.

Hoofdstuk 7

Met de Modelflow-puls-contourmethode kan men pas na aanpassing van het model voor een individuele patiënt (geslacht, lengte en gewicht) een kwalitatief goede cardiac output meten. De Modelflowmethode (COMf) berekent slag-op-slag cardiac output uit het signaal van de arteria-radialisbloeddruk door het nabootsen van een

(drie-elementen) model van de aorta-impedantie met postmortemgegevens van menselijke aorta's.

In de verbeterde versie van Modelflow (COMFC) wordt de waarde van de aortadiameter (CSA) meegenomen in het model. In deze studie werd de CSA met een HemoSonic 100 bepaald om de cardiac output te berekenen. Na diameterkalibratie bleek de verbeterde Modelflow puls-contourmethode in staat om een betrouwbare schatting van de cardiac output te berekenen. Zonder de noodzaak van een op thermodilutietechniek gebaseerde kalibratie leidt dit tot een minder invasieve methode van cardiac-outputmeting.

Hoofdstuk 8

Met de invoering van puls contour cardiac output werd het mogelijk in 'real-time' het linkerventrikelslagvolume en slagvolumevariatie (SVV) tijdens mechanische ventilatie te meten. Uit studies is gebleken dat SVV een goed voorspellende waarde heeft hoe een patiënt op vloeistof/volumetoediening zal reageren. Slechts een enkele studie maakte melding van een gebrek aan correlatie tussen de waarde van SVV en veranderende cardiac output bij volumeexpansie. Pinsky stelde terecht vast dat SVV niet gevalideerd is om verandering in het linkerventrikelslagvolume (binnen één ademcyclus) te meten. Voorts zou de beoordeling verder gecompliceerd kunnen worden doordat in de monitorsystemen (PiCCO, LiDCO en FloTrac-Vigileo) verschillende algoritmes gebruikt worden. In dit licht bezien, zijn klinische validatiestudies van SVV, waarbij verschillende puls-contourmonitorsystemen gebruikt worden, belangrijk.

In dit hoofdstuk doen we verslag van een studie waarin we waarden van de slagvolumevariatie, gemeten met de PulseCO (LiDCO) en het FloTrac-Vigileo systeem (Edwards Lifesciences), met elkaar vergelijken. Alle SVV-waarden werden bij vijftien patiënten na openhartoperatie tijdens het verblijf op de Intensive Care verzameld. De klinische waarde van SVV werd geëvalueerd door bij de patiënten vooraf gedocumenteerde interventies uit te voeren.. Deze interventies waren: toename van het opgelegde beademingsvolume, toename van de eindexpiratoire beademingsdruk (PEEP), passief optillen van de benen (PLR), een kantelprocedure (HUT) en intraveneus toedienen van 500 ml Voluven (volume). Door de interventies uit te voeren konden we verschillende klinische condities bij de patiënten nabootsen. In onze studie bleken de waarden van SVV(LiDCO) en SVV (Edwards) te verschillen. Met een gemeten overeenstemming van 52% tussen de twee meetmethoden zijn de methoden niet uitwisselbaar, zoals kan worden opgemaakt uit de hoge waarde van de variatiecoëfficiënt (21 en 22%) voor herhaalde metingen. Uit deze bevindingen bleek dat gemeten SVV-waarden, als enkelvoudige parameter, geringe waarde heeft voor de individuele patiënt. Tevens beperken deze bevindingen de vergelijkbaarheid van studiesresultaten met betrekking tot de response van de hemodynamisch instabiele IC-patiënt op volumetherapie.

Conclusies

- Als referentiemethode voor de onderzochte cardiac-outputmeetmethoden hebben we de bolus-thermodilutiemethode (COTd) met de Swan-Ganzkatheter gebruikt. Wij hebben tijdens de studies geen complicaties gevonden in relatie tot het gebruik van deze katheters.
- De meetfout van de Cotd-methode (de variatiecoëfficiënt), berekend op basis van vier metingen die gelijkmatig over de ademhaling verdeeld zijn, was < 5%.
- Van de geëvalueerde puls-contoursystemen bleek de Modelflow- en Hemac-methode de beste meetresultaten te geven. Deze resultaten van de Modelflow- en Hemac-methode kwamen overeen met de cardiac-outputwaarden die gevonden werden met de referentiemethode (COTd). De gemiddelde cardiac-outputwaarde was berekend op basis van vier metingen met de intermitterende thermodilutiemethode, waarbij de metingen gelijkmatig over de ademcyclus verdeeld waren.
- De stabiliteit van de kalibratie en drift van het PiCCO- en LiDCO-systeem verschillen.
- In ons onderzoek hebben we alleen cardiochirurgische patiënten bestudeerd. Daardoor kunnen onze studieresultaten niet zonder voorbehoud worden gegeneraliseerd naar andere categorieën van patiënten. Validatiestudies waarin andere groepen patiënten worden onderzocht blijft belangrijk.