

# Heeft de delta pCO<sub>2</sub> een prognostische waarde?

*'Een single-center retrospectief onderzoek naar de rol van de delta pCO<sub>2</sub> bij het ontwikkelen van acuut nierfalen'.*

N.R. Zwemmer<sup>1</sup>, Dr B. van den Bogaard<sup>2</sup>, M. Koopmans<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Intensive Care Practitioner i.o uitstroomprofiel Circulatie, IC-verpleegkundige, OLVG locatie Oost.

<sup>2</sup> MD, PhD, Internist-intensivist en unitleider, OLVG locatie Oost.

<sup>3</sup> Research coordinator IC, OLVG locatie Oost.

## Abstract

**Achtergrond:** Shock is een levensbedreigend syndroom en leidt tot weefselhypoperfusie en kan uiteindelijk leiden tot nierfalen. Vroege herkenning van shock is essentieel voor een adequate behandeling. Parameters zoals lactaat en centraal veneuze zuurstofsaturatie zijn veelgebruikte markers om de effectiviteit van de behandeling te controleren, maar deze hebben hun beperkingen. Koolstofdioxide afgeleide parameters, zoals de delta pCO<sub>2</sub> kan een potentieel waardevolle toevoeging zijn als marker om weefselperfusie te beoordelen. De delta pCO<sub>2</sub> is het verschil tussen partiële druk van CO<sub>2</sub> in veneus en arterieel bloed. In dit onderzoek wordt onderzocht of de delta pCO<sub>2</sub> acuut nierfalen kan voorspellen bij patiënten met shock.

**Methode:** Single-center retrospectieve onderzoek over de periode januari 2017 tot december 2022 naar de prognostische waarde van een verhoogde delta pCO<sub>2</sub> gedefinieerd als >6 mmHg op het ontwikkelen van acuut nierfalen volgens de KDIGO criteria (toename van serum creatinine met ≥ 26,5 μmol/L binnen 48 uur; en/of urine volume <0,5 ml/kg/uur gedurende minimaal 6 aaneengesloten uren) bij patiënten in shock. Shock was gedefinieerd als MAP <65 mmHg waarvoor inotropie en/of vasopressie is gestart.

**Resultaten:** Er zijn 399 patiënten geïncludeerd met gemiddelde leeftijd van 67.8 jaar, waarvan 70.9 % man. Er is een significant verschil in acuut nierfalen tussen de lage en hoge delta pCO<sub>2</sub> (66.1% versus 75.1%, p=0.04, [CI 95% 1.34-2.29]). Na correctie voor baseline verschillen in multivariate logistische regressie analyse is dit verschil niet langer significant. Bij de secundaire eindpunten was er een significant verschil in ICU LOS (laag versus hoog = 5.9 dagen versus 4.6 dagen, p=0.04, [CI 95% 0.81-0.98]) en een significant verschil in ICU mortaliteit (laag versus hoog = 21.4% versus 12.1%, p=0.01, [CI 95% 0.29-0.87]).

**Conclusie:** Deze studie toont aan dat een verhoogde delta pCO<sub>2</sub> bij IC-patiënten met shock geassocieerd is met het optreden van nierfalen. Dit effect verdwijnt na correctie voor baseline verschillen.

## Inleiding

Op de Intensive Care van OLVG worden veel patiënten opgenomen met shock. De definitie van shock is circulatoir falen met als gevolg inadequate zuurstof afgifte (DO<sub>2</sub>) aan de weefsels. De diagnose van shock is gebaseerd op klinische, hemodynamische en biochemische parameters. Er is sprake van hypotensie, gedefinieerd als een systole <90 mmHg en mean arterial pressure (MAP) <65 mmHg. Daarnaast zijn er tekenen van hypoperfusie zoals koude acra, gemarmerde huid, verminderde diurese, veranderd bewustzijn of een verhoogd lactaat. De oorzaak van shock kan onderverdeeld worden

in vier categorieën: hypovolemisch, cardio-geen, obstructief en distributief (Kashani, 2022).

Vroege herkenning en behandeling van shock is van groot belang voor het verbeteren van de overlevingskansen van ernstig zieke patiënten. Ongeacht de oorzaak blijft de mortaliteit van patiënten met shock hoog, variërend van 40% tot 60% voor patiënten met septische shock en 40% met een hypovolemische shock (Wacker, 2014). Bij patiënten met shock is een snelle beoordeling en start van de behande-

ling vereist om onnodige toename van morbiditeit en mortaliteit te voorkomen. De twee belangrijkste doelen van de behandeling zijn de zuurstoftoevoer naar de weefsels te verbeteren en de mismatch tussen  $DO_2$  en  $VO_2$ , dat kenmerkend is voor shock, te corrigeren door de bloedstroom naar de weefsel te verhogen.

Parameters zoals lactaat, gemengd veneuze zuurstofsaturatie ( $SvO_2$ ) en centraal veneuze zuurstofsaturatie ( $ScvO_2$ ) worden gebruikt voor de beoordeling van de circulatie als surrogaat voor zuurstofafgifte naar de perifere weefsels. Lactaat,  $SvO_2$  en  $ScvO_2$  hebben allemaal hun beperkingen (F. Gavelli, 2019) zoals dat  $ScvO_2$  lokale perfusiestoornissen kan missen, die aanwezig zijn bij sepsis vanwege verminderde microcirculatie. Deze parameters kunnen mogelijk worden vervangen door het gebruik van de koolstofdioxide ( $CO_2$ ) afgeleide variabelen (F. Gavelli, 2019).  $CO_2$  is het eindproduct van het aerobe metabolisme, de concentratie ervan in veneus bloed weerspiegelt de globale weefselbloedstroom aan de metabole vraag. Dit betekent dat bij een afname van de bloedstroom door de weefsels het  $CO_2$  langzamer wordt afgevoerd, wat resulteert in een stijging van de veneuze  $CO_2$  concentratie. Omdat  $CO_2$  twintig keer makkelijker diffundeert dan  $O_2$  is de kans groot dat het uit weefsels diffundeert en in het veneuze bloed komt. Hierdoor is het een zeer gevoelige marker van weefselhypoperfusie (B. Vallet, 2013).

Als surrogaat eindpunt van weefseloxygenatie wordt er op de Intensive Care van OLVG gekeken naar lactaat en  $ScvO_2$  maar nog niet naar de delta  $pCO_2$ , ook wel de  $pCO_2$ -gap of  $\Delta PCO_2$  genoemd. De delta  $pCO_2$  is het verschil tussen partiële druk van  $CO_2$  in veneus en arterieel bloed (Janotka, 2021). De Fick-methode kan hierbij worden toegepast waarbij de  $CO_2$ -productie ( $VCO_2$ ) evenredig is met de bloedstroom door de weefsels en het arteriële en veneuze concentratieverschil in  $CO_2$  (Janotka, 2021). De delta  $pCO_2 < 6$  mmHg of  $< 0,8$  kPa is normaal (Z. Al Duhailil, 2020). Alles daarboven suggereert een aanhoudende shocktoestand waarbij er reden kan zijn voor het geven van vulling, vasopressie en/of inotropie.

Acuut nierfalen is een van de meest voorkomende complicaties tijdens een opname op de Intensive Care en komt bij 30% tot 60% van de patiënten voor (Pickkers, 2021). Nieren zijn erg gevoelig voor veranderingen in de hemodynamiek tijdens een episode van shock (Kashani, 2022). Door hypotensie kan verminderde doorbloeding van de nier een rol spelen bij het ontstaan van acuut nierfalen. Bij acuut nierfalen hebben patiënten soms tijdelijk nierfunctie vervangende therapie nodig. Hoewel er verschillende oorzaken zijn voor het ontstaan van nierfalen, is er tot nu toe geen andere behandeling dan het vermijden van nefrotoxische medicatie en optimaliseren van de hemodynamiek.

De stadiëring van acuut nierfalen wordt bepaald door de creatinineratio en/of urineproductie volgens de Kidney Disease Improving Global Outcome (KDIGO) (KDIGO, 2012). KDIGO is een wereldwijde organisatie die evidence-based klinische praktijkrichtlijnen voor nieraandoeningen ontwikkelt en implementeert. Acuut nierfalen op de Intensive Care is geassocieerd met hoge morbiditeit en mortaliteit. Patiënten hebben na een episode van acuut nierfalen een verhoogd risico op chronische nierinsufficiëntie en eindstadium nierfalen (Pickkers, 2021) (Pedroso, 2020). Middels dit onderzoek wordt er gekeken wat de prognostische waarde is van de delta  $pCO_2$  bij patiënten in shock en het ontwikkelen van acuut nierfalen.

### **Probleemstelling**

Momenteel wordt de mate van weefselhypoperfusie die gepaard kan gaan met circulatoir falen beoordeeld aan de hand van parameters zoals lactaat en  $ScvO_2$ . Het is niet bekend of de delta  $pCO_2$  een prognostische waarde kan hebben op het ontwikkelen van acuut nierfalen bij patiënten in shock op de Intensive Care.

### **Doelstelling**

Het doel van dit onderzoek is om te bekijken of acuut nierfalen zou kunnen worden voorspeld middels het gebruik van de delta  $pCO_2$  bij patiënten met shock, ten aanzien van de standaard parameters zoals lactaat en  $ScvO_2$ . De hypo-

these is dat patiënten in shock met een verhoogde delta pCO<sub>2</sub> een grotere kans hebben op het ontwikkelen van nierfalen.

## Vraagstelling

### Hoofdvraag

*Komt acuut nierfalen (gedefinieerd als AKI KDIGO stage 1 of hoger) vaker voor bij een verhoogde delta pCO<sub>2</sub> ten opzichte van een lage delta pCO<sub>2</sub> bij patiënten met circulatoir falen op de Intensive Care van OLVG?*

### Deelvragen

*Heeft een verhoogde delta pCO<sub>2</sub> een voorspellende waarde op de ICU length of stay?*

*Is er een invloed van de opnamecategorie op het voorkomen van acuut nierfalen?*

## Definities

Circulatoir falen wordt gedefinieerd als:

- MAP <65 mmHg waarvoor inotropie en/of vasopressie is gestart.

Acuut nierfalen wordt gedefinieerd vanuit KDIGO als:

- Toename van serum creatinine (SCr) met  $\geq 26,5$   $\mu\text{mol/L}$  binnen 48 uur; en/of
- Urine volume <0,5 ml/kg/uur gedurende minimaal 6 aaneengesloten uren

## Methode

### Studieopzet

Dit retrospectieve onderzoek betreft een single-center onderzoek, dat over de periode januari 2017 tot december 2022 heeft plaatsgevonden. Het onderzoeksvoorstel is ingediend bij de Advies Commissie Wetenschappelijk Onderzoek (ACWO) van het OLVG en heeft positief advies uitgebracht over het onderzoeksvoorstel. Namens de Raad van Bestuur is er toestemming verleend voor een niet WMO plichtig retrospectief data-onderzoek. Voor dit onderzoek is een waiver voor informed consent gekregen.

### Studiepopulatie

De populatie patiënten betreft patiënten die zijn opgenomen op de Intensive Care van OLVG locatie Oost met circulatoir falen.

## Inclusie

- Leeftijd 18 jaar en ouder
- Patiënten met circulatoir falen, gedefinieerd als een MAP <65 mmHg waarvoor inotropie en/of vasopressie is gestart
- Lactaat 2 mmol/L en hoger
- Centraal veneus- en arterieel bloedgas (tegelijktijd afgenomen of max 10 min van elkaar)
- Veneus bloed uit een centraal veneuze katheter die geplaatst is in de vena jugularis interna of vena subclavia
- Arterieel bloed uit arteriële katheter die geplaatst is in de arteria radialis of arteria brachialis

## Exclusie

- Acuut nierfalen voor/bij ICU opname
- Veneus bloed uit een centraal veneuze katheter die geplaatst is in de vena femoralis
- Centraal veneus- en arterieel bloedgas afname langer dan 10 minuten van elkaar

Hiervoor is het noodzakelijk dat er een centraal veneus bloedgas wordt afgenomen uit de distale poort van een centraal veneuze katheter die geplaatst is in de vena jugularis interna of vena subclavia. Tegelijkertijd wordt er een arterieel bloedgas afgenomen uit een arteriële katheter die geplaatst is in de arteria radialis of arteria brachialis, om zo de delta pCO<sub>2</sub> te bepalen. Beide bloedgasen zijn bepaald in de ABL90 FLEX PLUS bloedgasanalyser die op de afdeling staat. Het heeft de voorkeur om beide bloedgasen zo snel mogelijk na elkaar af te nemen zodat de waardes niet beïnvloed worden.

## Dataverzameling

De data werd onttrokken uit het elektronisch patiëntendossiers MetaVision (iMDsoft, Canada). Van alle patiënten werden geanonimiseerd demografische gegevens (leeftijd, geslacht, lengte, gewicht, BMI), opnamedata (APACHE II, APACHE IV, SOFA score, LOS, mortaliteit), gegevens ten aanzien van variabelen (MAP, hartfrequentie, centrale temperatuur, perifere temperatuur, delta temp, diurese, inotropie en vasopressie gebruik), waardes uit het centraal veneus- en arterieel bloedgas (PcvO<sub>2</sub>, PcvCO<sub>2</sub>, ScvO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub>, pH, lactaat Hb, creatinine) verzameld.

De data is geanalyseerd met behulp van Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versie 22.0 voor Windows (SPSS, Inc, Chicago Illinois).

### Data analyse

De normale verdeling van continue variabelen van de secundaire eindpunten zullen visueel getoetst worden met een histogram en normaal probability plot. Daarnaast zal de Kolmogorov-Smirnov toets uitgevoerd. De normaal verdeelde continue variabelen zullen worden weergegeven met gemiddelde en standaarddeviatie (SD) en de niet-normaal verdeelde continue variabelen met mediaan en IQR. Een p-waarde <0.05 werd als statistisch significant beschouwd. Nominale en ordinale data zullen worden weergegeven in frequenties en percentages in tabel baselinekarakteristieken. Het primaire eindpunt is getoetst middels de Pearson Chi-Square test, hierna wordt gecorrigeerd voor mogelijke statistische verschillen bij baseline.

### Resultaten

In de periode januari 2017 tot en met december 2022 werden in totaal 661 retrospectief geïnccludeerd op basis van inclusiecriteria en exclusiecriteria. Exclusie na screening van deze data trof 262 patiënten, vanwege het missen van het eindpunt waarna een onderzoekspopulatie van 399 patiënten over bleef.

Binnen het totale onderzoek was 70.9% van de populatie man (Tabel 1). De gemiddelde leeftijd in het totale onderzoek was 67.8 (11) jaar met een gemiddelde BMI van 27.3 (5.1) kg/m<sup>2</sup> en een baseline serum creatinine van 93 [76-121] µmol/L. De APACHE II, APACHE IV en SOFA score bij opname tonen een statistisch significant verschil tussen de groepen van de delta pCO<sub>2</sub> (Tabel 1). Het resultaat in de groep van <6 mmHg delta pCO<sub>2</sub> was opvallend omdat de mate van ziek zijn hier hoger scoorde. Dit hadden we bij de andere groep verwacht. De data opnieuw visueel gecontroleerd op fouten wat niet het geval bleek te zijn. Een verklaring voor de mogelijke bias is een niet geprotocolleerde afname van de bloedgassen.

Verder zijn er statistisch significante verschillen gevonden in enkele variabelen (Tabel 2), met name in de arteriële bloedgas en de centraal veneuze bloedgas afname.

Als primair eindpunt is er gekeken of acuut nierfalen vaker voorkomt bij een verhoogde delta pCO<sub>2</sub> ten opzichte van een lage delta pCO<sub>2</sub> (hoog versus laag = 75.1% versus 66.1%) (zie ook Tabel 3). Dit toonde een statistisch significant verschil (p=0.04, CI 95% 1.34-2.29) aan in dit onderzoek. Er is een multivariate logistische regressie analyse gedaan met uitkomst acuut nierfalen, waarin er is gecorrigeerd voor alle baseline verschillen maar dan blijft de delta pCO<sub>2</sub> niet significant. Daarnaast is er gekeken naar de voorspellende waarde van de delta pCO<sub>2</sub> op de ICU length of stay, ook dit toonde een statistisch significant verschil aan (laag versus hoog = 5.9 dagen versus 4.6 dagen, p=0.04, CI 95% 0.81-0.98). ICU mortaliteit lijkt lager te zijn in de groep met verhoogde delta pCO<sub>2</sub> (laag versus hoog = 21.4% versus 12.1%, p=0.01, CI 95% 0.29-0.87). Mogelijke verklaring voor dit verschil is dat die groep ook een beduidend lagere voorspelde mortaliteit (volgens APACHE IV) heeft. Het was dus een minder zieke groep. Hier is niet statistisch op getest. Verder is er nog gekeken of acuut nierfalen vaker voorkomt bij een lactaat >2 mmol/L maar dit was bleek niet het geval (p=0.97) en bij een ScvO<sub>2</sub> >70% was dit ook niet statistisch significant (p=0.15).

Binnen de groep van patiënten met circulatoir falen is er gekeken naar de reden van opname (Figuur 1). Acuut nierfalen lijkt het meest voor te komen in de groep van post hartchirurgie (CABG/klep), maar dit was niet significant verschillend (p=0.25).

Binnen de opnamecategorieën post hartchirurgie en infectie/sepsis (Bijlage 2 - Figuur 1) is er gekeken naar de relatie tussen de delta pCO<sub>2</sub> en acuut nierfalen. In beide groepen was dit niet statistisch significant (post hartchirurgie P=0.78, infectie/sepsis P=0.85).

### Conclusie

Deze retrospectieve analyse toont aan dat een verhoogde delta pCO<sub>2</sub> is geassocieerd met een grotere kans op optreden van acuut nierfalen

bij IC-patiënten met shock. Na correctie van baseline karakteristieken echter, blijkt een verhoogde delta pCO<sub>2</sub> niet langer onafhankelijk voorspellend te zijn voor nierfalen.

### Discussie

Omdat dit onderzoek retrospectief is uitgevoerd is er geen controle op de technische aspecten van afname van de bloedgassen. Ten eerste kunnen enkele fouten optreden bij het afnemen van het bloed: verontreinigd monster door lucht of kathetervloeistof. Ten tweede kan een te lange vertraging van het transport van bloedafname het bloedgas aanzienlijk veranderen op inhoud zowel van het centraal veneuze- als het arteriële bloedgas.

Omdat de afname van de bloedgassen niet geprotocolleerde zijn afgenomen is het onduidelijk in welke fase van het ziekteproces deze zijn afgenomen. Dit kan invloed hebben op de waarde van de delta pCO<sub>2</sub> en op de baseline serum creatinine. Uit de huidige data is het onduidelijk naar voren gekomen of de baseline serum creatinine is beperkt tot een duur van 7 dagen.

E.S. Abdalazeem liet zien in zijn prospectieve studie dat er geen significante relatie was tussen de delta pCO<sub>2</sub> en creatinine. In het onderzoek hebben zij niet specifiek naar nierfalen gekeken. In ons onderzoek bleek de delta pCO<sub>2</sub> niet significant te verschillen na correctie van baseline. Hiervoor is geen verklaring gevonden.

In de literatuur staat beschreven dat de delta pCO<sub>2</sub> wordt gebruikt als marker voor mortaliteit (Kriswidyatomo, 2021). Opvallend is een lagere mortaliteit bij de verhoogde delta pCO<sub>2</sub> groep in ons onderzoek. Mogelijke verklaring voor dit verschil is dat die groep ook een bedeutend lagere voorspelde mortaliteit (volgens APACHE IV) heeft. Het was dus een minder zieke groep. Dat was ook het geval bij de kortere ICU length of stay binnen de verhoogde delta pCO<sub>2</sub> groep. Mogelijke verklaring voor dit verschil is dat die groep ook een bedeutend lagere SOFA score heeft, dus wederom wijzend op een minder zieke groep.

Er is een selectie bias bij de groep van post hartchirurgie (CABG/klep). De ongecompliceerde patiënten worden na één dag overgeplaatst naar de verpleegafdeling, waardoor de patiënten die in deze analyse zijn meegenomen een gecompliceerde postoperatief verloop hebben.

### Aanbevelingen

Samenvattend kunnen op basis van dit onderzoek de volgende aanbevelingen worden gedaan:

1. Een combinatie van parameters zoals de delta pCO<sub>2</sub> en delta temperatuur kunnen bij het voorspellen van acuut nierfalen bij patiënten met circulatoir falen superieur zijn aan individuele parameters.
2. Wij denken dat het verstandig is de microcirculatie te monitoren om zo de hemodynamische coherentie inzichtelijk te maken. Daarom is naar aanleiding van dit onderzoek een protocol ontwikkeld voor de toepasbaarheid van de delta pCO<sub>2</sub> in de praktijk. Deze is terug te vinden in bijlage 2 - Figuur 2.
3. Een prospectieve studie uitvoeren op de Intensive Care van OLVG met het ontwikkelde protocol dat naar aanleiding van dit onderzoek is ontwikkeld.

Dit artikel is geschreven in het kader van de opleiding Intensive Care Practitioner i.o uitstroomprofiel Circulatie, aan het opleidingsinstituut Care Training Group te Ridderkerk.

## Referenties

- Z. Al Duhailil, A.F. Hegazy et al.  
The Use of Central Venous to Arterial Carbon Dioxide Tension Gap for Outcome Prediction in Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Critical Care Med.* (2020) 48(12):1855-1861  
DOI: 10.1097/CCM.0000000000004578
- K. Kashani, T. Omer et al.  
The Intensivist's Perspective of Shock, Volume Management, and Hemodynamic Monitoring. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* (2022) 17(5):p 706-716.  
DOI: 10.2215/CJN.14191021
- D.A. Wacker and E. Winters.  
Shock. *Emergency Medicine Clinics of North America* (2014) Volume 32, Issue 4, 747-758.  
DOI: 10.1016/j.emc.2014.07.003
- P. Kriswidyatomo, Y. Pradnyan Kloping et al.  
Prognostic Value of PCO<sub>2</sub> Gap in Adult Septic Shock Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis *Turk J Anaesthesiol Reanim.* (2022) 50(5): 324–331.  
DOI: 10.5152/TJAR.2021.21139
- F. Gavelli, J-L. Teboul et al.  
How can CO<sub>2</sub>-derived indices guide resuscitation in critically ill patients? *Journal of Thoracic Disease* (2019) Vol 11-11.  
DOI: 10.21037/jtd.2019.07.10
- B. Vallet, M.R. Pinsky et al.  
Resuscitation of patients with septic shock: please “mind the gap”! *Intensive Care Med.* (2013) 39:1653–1655.  
DOI: 10.1007/s00134-013-2998-5
- M. Janotka and P. Ostadal  
Biochemical markers for clinical monitoring of tissue perfusion. *Molecular and Cellulair Biochemistry* (2021) 476:1313-1326  
DOI: 10.1007/s11010-020-04019-8
- P. Pickkers, M. Darmon et al.  
Acute kidney injury in the critically ill: an updated review on pathophysiology and management. *Intensive Care Med.* (2021) 47(8)  
DOI: 10.1007/s00134-021-06454-7
- KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. 2(1)  
DOI: 10.1038/kisup.2011.32
- A. Mekontso-Dessap, V. Castelain et al.  
Combination of venoarterial PCO<sub>2</sub> difference with arteriovenous O<sub>2</sub> content difference to detect anaerobic metabolism in patients. *Intensive Care Med.* (2002) 272–277  
DOI: 10.1007/s00134-002-1215-8
- E.S. Abdalazeem et al. Role of central venous-arterial PCO<sub>2</sub> difference in prediction of clinical outcome in ICU septic patients *Egyptian Journal of Anaesthesia.* (2021) 189-195  
DOI: 10.1080?11101849.2021.1910180
- V.L. Cousin et al. Use of CO<sub>2</sub>-derived Variables in Cardiac Intensive Care Unit *Journal of Cardiovascular Development and Disease* (2023)  
DOI: 10.3390/jcdd10050208
- Y. Komaru, R. Inokuchi et al. Inverse correlation between incidence and mortality of acute kidney injury in critically ill patients: a systematic review *Shock Society* (2020) 280-284  
DOI: 10.1097/SHK.0000000000001511

## Bijlage 1 - Tabellen

Tabel 1

Baseline karakteristieken	All (N=399)	delta pCO <sub>2</sub> < 6 mmHg (N=168)	delta pCO <sub>2</sub> > 6 mmHg (N=231)	P-waarde
Leeftijd (in jaren)	67.8 (11)	67.6 (12)	68.0 (10)	0.93
Geslacht (m %)	70.9	69.5	71.9	0.63
Lengte (cm)	173.5 (9.6)	173.2 (9.9)	173.7 (9.3)	0.73
Gewicht (kg)	82.6 (17.4)	83.0 (17.1)	82.2 (16.8)	0.51
BMI	27.3 (5.1)	27.6 (5.0)	27.2 (4.9)	0.61
Baseline creatinine (mmol/L)	93 [76-121]	93 [77-131]	93 [75-117]	0.40
APACHE II	20.3 (6.8)	21.3 (7.5)	19.6 (6.3)	0.03
APACHE IV	0.18 [0.08-0.45]	0.26 [0.09-0.56]	0.15 [0.07-0.36]	0.01
SOFA score	7.9 (2.8)	8.4 (2.9)	7.7 (2.5)	0.06

Tabel 1: Baseline karakteristieken zijn gepresenteerd als mean (standaard deviatie) of mediaan [interkwartiel afstand]. Nominale data is geanalyseerd met Chi-Square test. Numerieke data is geanalyseerd met Mann-Whitney U test.

BMI = Body Mass Index, APACHE = Acute Physiologic and Chronic Health Evaluation, SOFA = Sequential Organ Failure Assessment

Tabel 2

Variabelen	All (N=399)	delta pCO <sub>2</sub> < 6 mmHg (N=168)	delta pCO <sub>2</sub> > 6 mmHg (N=231)	P-waarde
MAP (mmHg)	72 (16)	72 (15.7)	72 (17.1)	0.93
Hartfrequentie	91 (20.6)	94 (20)	89 (20)	0.03
Centrale temperatuur (°C)	36.7 (1.5)	36.8 (1.2)	36.7 (1.7)	0.71
Perifere temperatuur (°C)	30.7 (3.4)	31.8 (3.0)	29.9 (3.4)	<0.001
Delta Temp (ΔT)	5.8 [3.4-8.8]	4.6 [2.7-7.0]	6.8 [4.0-9.2]	<0.001
Noradrenaline (%)	62.9	62.5	63.2	0.89
Enoximon (%)	49.6	49.4	49.8	0.94
Dobutamine (%)	1.5	1.2	1.7	0.66
Dopamine (%)	13.0	10.7	14.7	0.24
<i>Arteriële bloedgas</i>				
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	38.6 (7.1)	38.3 (7.5)	38.8 (6.8)	0.25
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	82.5 (36.1)	77.8 (33.2)	86.0 (38.8)	<0.001
SaO <sub>2</sub> (%)	94 (3)	94 (3)	95.0 (2.9)	<0.001
pH	7.36 (0.08)	7.37 (0.08)	7.36 (0.08)	0.21
Hb (mmol/L)	6.5 (1.2)	6.3 (1.7)	6.6 (1.2)	0.004
Lactaat (mmol/L)	3.5 [2.4-4.1]	3.1 [2.4-4.4]	3.0 [2.4-4.1]	0.50
<i>Centraal veneuze bloedgas</i>				
PcvCO <sub>2</sub> (mmHg)	45.7 (7.8)	42.9 (7.5)	47.9 (7.3)	<0.001
PcvO <sub>2</sub> (mmHg)	36.0 (8.5)	39.0 (9.4)	34.0 (7.0)	<0.001
ScvO <sub>2</sub> (%)	61.5 (12)	67 (11.8)	58 (11.1)	<0.001

Tabel 2: Variabelen zijn gepresenteerd als mean (standaard deviatie) of mediaan [interkwartiel afstand] of aanwezig (%). Nominale data is geanalyseerd met Chi-Square test. Numerieke data is geanalyseerd met Mann-Whitney U test.

Tabel 3

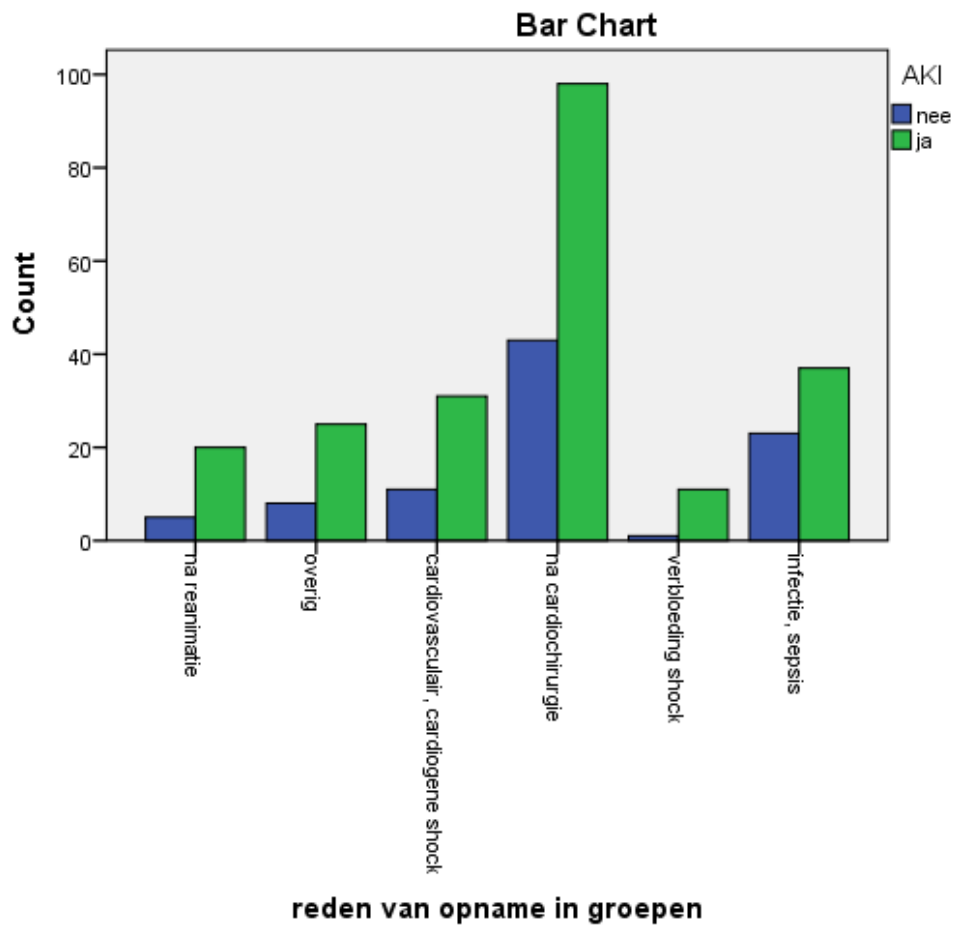
Eindpunten	All (N=399)	delta pCO <sub>2</sub> < 6 mmHg (N=168)	delta pCO <sub>2</sub> > 6 mmHg (N=231)	P-waardes
Acuut nierfalen (%)	70.9	66.1	75.1	0.04
ICU LOS (dagen)	5.1 [2.8-11.5]	5.9 [3.0-12.6]	4.6 [2.8-10.7]	0.04
ICU mortaliteit (%)	16.0	21.4	12.1	0.01

Tabel 3: Eindpunten zijn gepresenteerd als mean (standaard deviatie) of mediaan [interkwartiel afstand] of aanwezig (%). Nominale data is geanalyseerd met Chi-Square test. Numerieke data is geanalyseerd met Mann-Whitney U test.

ICU = Intensive Care Unit, LOS = length of stay

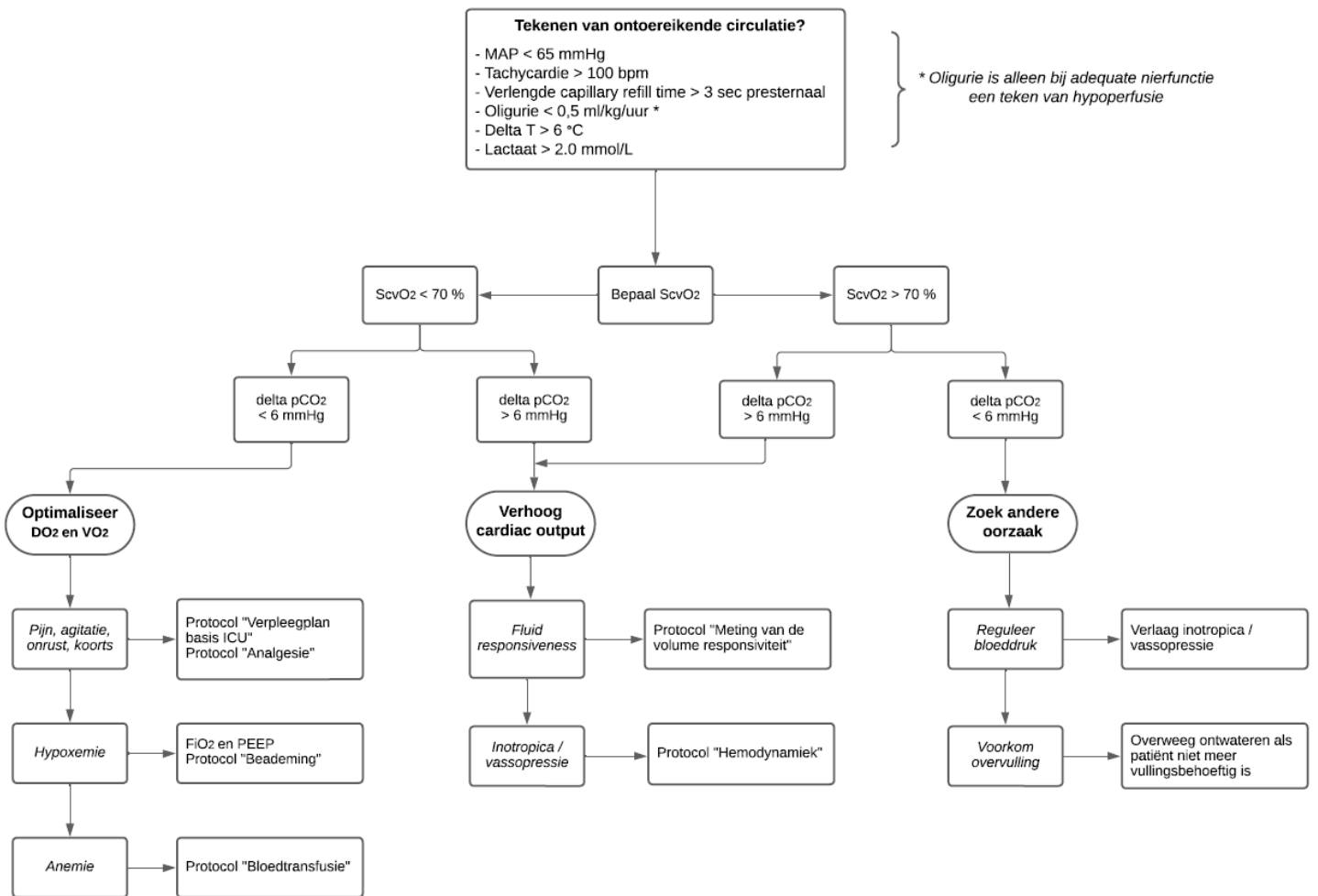
## Bijlage 2 – Figuren

Figuur 1



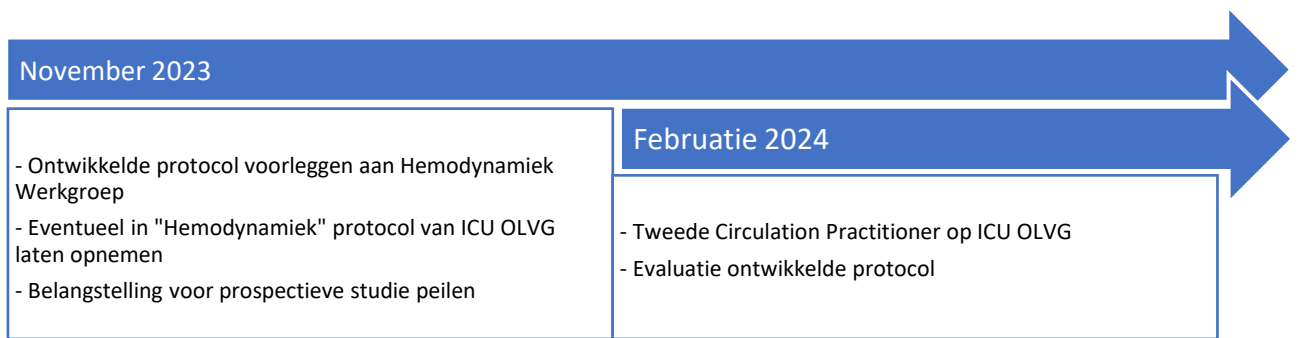


Figuur 2



Figuur 2: Een protocollair algoritme voor de toepasbaarheid van de delta pCO<sub>2</sub> in de praktijk aanleiding van dit onderzoek.

### Bijlage 3 – Tijdbalk implementatie aanbevelingen



## Bijlage 4 – Rol en functie van de Intensive Care Practitioner uitstroomprofiel Circulatie

### Intensive Care OLVG

OLVG is hét stadsziekenhuis in het centrum van Amsterdam met hoofdlocaties in Oost en West. Binnen OLVG werken 6.977 medewerkers waarvan 5.014 zorgverleners die zich inzetten voor een beter leven in een gezonder Amsterdam. De Intensive Care van locatie Oost bestaat uit 24 bedden waarvan er 16 operationeel zijn. Het aandeel cardiochirurgie is relatief groot met 700 van de totaal 977 IC-opnames per jaar. Met de komst van de nieuwe functie van Circulation Practitioner zijn er straks twee experts op het gebied van circulatie en hemodynamiek op de Intensive Care van OLVG werkzaam. Waarbij het mijn persoonlijke ambitie is om de functie van Circulation Practitioner goed te implementeren op de Intensive Care van OLVG en zorg zal dragen dat de functie gaat bijdragen aan kwalitatief hoogwaardige zorg, die is afgestemd op de individuele patiënt, om zo zorg op maat te kunnen leveren.

### Visie

“Een Circulation Practitioner is een **verbindende factor** tussen het verpleegkundig- en medisch domein om **gezamenlijk** de zorg voor de individuele patiënt te optimaliseren en zo **kwalitatief hoogwaardige zorg** te leveren. Zorg die wordt afgestemd op én met de patiënt, en die wetenschappelijk onderbouwd is. Dit om een geavanceerde behandelstrategie mogelijk te maken op de Intensive Care. En **zorg op maat** te leveren”.

### Missie

“Het inzetten van Circulation Practitioners op de Intensive Care kan een bijdrage leveren tot het **vernieuwen en verbeteren** van de zorg. Door de **vertaalslag** te maken van medische inhoudelijke ontwikkelingen, zich vertalend in behandelstrategieën, door te voeren in de verpleegkundige praktijk”.

### Gewenste positie op de Intensive Care OLVG

Ik zie het Practitionerschap als een verbindende factor, niet alleen op micro niveau zoals op de werkvloer van de Intensive Care maar ook op meso niveau. Zowel binnen de organisatie van OLVG, en zelfs daarbuiten op macro niveau zoals landelijk. Ik heb nagedacht wat ik zou willen bereiken voor de komende 1 á 3 jaar met mijn Practitionerschap en heb dit uitgeschreven op de verschillende niveaus:

Micro niveau		
<ul style="list-style-type: none"><li>- Aanspreekpunt voor het team</li><li>- Ondersteunen in de dagelijkse zorg van de individuele patiënt</li><li>- Basiskennis bij collega's vergroten</li><li>- Kennis up-to-date houden</li><li>- Scholing geven aan het team</li><li>- Kwaliteitsverbetering middels protocollen (her)schrijven, proces evaluatie, onderzoek</li><li>- Materiaalbeheer</li><li>- Samenwerking met cardiologen intensiveren</li></ul>	Meso niveau	
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Samenwerking met andere Practitioners intensiveren binnen OLVG</li><li>- Samenwerking met CCU, EHH en SEH intensiveren</li><li>- Scholing geven aan andere afdelingen bijv. CCU, EHH</li><li>- Contacten met de industrie aangaan en onderhouden</li></ul>	Macro niveau
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Deelname aan landelijke Practitioner dagen</li><li>- Samenwerking met andere Circulation Practitioners intensiveren in de regio</li><li>- Deelname aan symposia/congressen</li></ul>

### Taakverdeling en bevoegdheden

Op de Intensive Care is er nog geen Circulation Practitioner werkzaam. Ik zal de eerste zijn en zie het als een uitdaging om deze functie neer te zetten en te integreren op de afdeling. Gezamenlijk met mijn begeleiders gedurende deze opleiding gaan wij kijken naar het takenpakket en bevoegdheden en hoe dit invulling gaat krijgen op de werkvloer. In Februari 2024 is de tweede Circulation Practitioner i.o. klaar met de opleiding, waarna er gezamenlijk wordt gekeken hoe wij de taakverdeling onderling gaan verdelen