

De bijdrage van ScvO₂-meting in de keuze van het haemodynamisch beleid.

Nikolaj van Bodegraven, IC verpleegkundige, circulation practitioner in opleiding

Eva Klijn, internist-intensivist, medisch begeleider

ErasmusMC, Rotterdam

Abstract

Doelstelling: Het inzichtelijk maken in hoeverre het circulatieprotocol wordt nageleefd middels een cross-sectioneel onderzoek en middels interviews nagaan wat de oorzaken zijn om van dit protocol af te wijken.

Methode: In dit cross-sectionele onderzoek op de algemene IC-afdelingen van een universitaire IC met 32 bedden, is bij 25 patiënten de (cardiovasculaire) SOFA-score en ligduur vergeleken tussen patiënten bij wie wel of juist geen ScvO₂ werd gemeten. Daarnaast is onderzocht hoe vaak bij patiënten met een cardiovasculaire SOFA-score van 3-4 een ScvO₂ werd bepaald. In semigestructureerde focusgroep-interviews met drie artsen en twaalf IC-verpleegkundigen werd nagegaan wat redenen waren om van het circulatieprotocol af te wijken.

Resultaten: Van de patiënten met een cardiovasculaire SOFA-score van 3-4 werd bij 20% tegen het protocol in geen ScvO₂ bepaald en had in totaal 35% geen centraal veneuze katheter (CVK) welke geschikt is voor ScvO₂ afname. Beweegredenen voor afwijken van het circulatieprotocol waren gebrek aan routine in ScvO₂ bepalingen, te weinig bekendheid met het protocol en gebrek aan geschikte CVK.

Conclusie: Het ScvO₂-gestuurde circulatieprotocol werd in deze steekproef vaak niet goed gevolgd. Meer scholing zou wellicht tot betere naleving van het protocol kunnen leiden.

Inleiding

Het Erasmus Medisch Centrum (ErasmusMC) bevindt zich in het centrum van Rotterdam. Dit universitaire ziekenhuis beschikt, sinds de verhuizing in mei 2018, over twee level 3 Intensive Care Units (ICU) namelijk IC-Volwassenen/Hartbewaking (18 bedden) en IC-Volwassenen (32 bedden). Er zijn 18 FTE aan intensivisten en 128 FTE aan IC-verpleegkundigen werkzaam met in totaal 2968 opnames in 2016 (1).

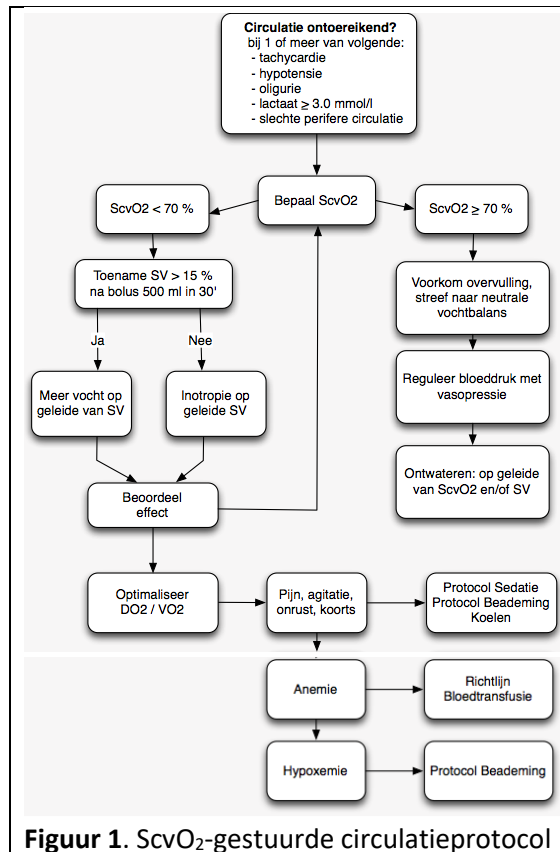
Op de IC-Volwassenen is een van de meest voorkomende handelingen bij patiënten het optimaliseren van de circulatie bij shock. Deze toestand wordt gedefinieerd als een ontoereikende circulatie waarbij de zuurstofvraag (VO₂) het zuurstofaanbod (DO₂) overschrijdt (2). De circulatie faalt hierbij doordat compensatoire autoregulerende

mechanismen tekort schieten. Als gevolg hiervan ontstaat er zuurstoftekort op celniveau waarbij energie vragende processen in het lichaam worden verstoord (3).

Om shock vast te kunnen stellen zou idealiter het zuurstoftekort op weefselniveau moeten worden gemeten. Helaas is dat tot nu toe niet mogelijk in de praktijk. Een aantal symptomen kunnen in de praktijk wijzen op een ontoereikende circulatie (4):

- Tachycardie (frequentie >100/min.)
- Tachypneu (frequentie >20/min.)
- Hypotensie (systole <90mmHg of MAP <60mmHg)
- Oligurie (diurese <0,5mL/kg/uur)
- Hyperlactataemie (lactaat ≥3,0mmol/L)
- Slechte perifere circulatie (CRT >5sec. of cutis marmorata)

In het ErasmusMC wordt gebruik gemaakt van een state-of-the-art circulatieprotocol (5) (Figuur 1). Indien een patiënt aan één of meerdere symptomen van een mogelijk ontoereikende circulatie voldoet (tachycardie, hypotensie, oligurie, hyperlactataemie en slechte perifere circulatie), dient er een centraal veneuze zuurstofsaturatie (ScvO₂) te worden bepaald.



Figuur 1. ScvO₂-gestuurde circulatieprotocol

De ScvO₂ wordt beïnvloed door enerzijds de DO₂ en anderzijds de VO₂ (4,6). De zuurstof-extractie aan de weefsels kan globaal worden weergegeven door het verschil tussen SaO₂ en ScvO₂.

$$DO_2 = CO \times CaO_2$$

$$VO_2 = CO \times (CaO_2 - CvO_2)$$

$$\text{Cardiac output} = CO$$

$$\text{Arteriële zuurstofcontent} = CaO_2 = (1,34 \times Hb \times SaO_2 \times 1,61) + (0,003 \times PaO_2)$$

$$\text{Veneuze zuurstofcontent} = CvO_2 = (1,34 \times Hb \times ScvO_2 \times 1,61) + (0,003 \times PvO_2)$$

De eerste symptomen van een ontoereikende circulatie komen tot uiting door sympathische activatie via de baroreceptorreflex als compensatiemechanisme. Afname van cardiac output (CO) leidt tot tachycardie, urineretentie, perifere vasoconstrictie en in een later stadium tot hypotensie en anaerobe verbranding op celniveau met lactaat-productie. Deze vorm van hypodynamische circulatie (hartfalen, obstructie of bloeding) kan worden hersteld door de oorzaak te behandelen, waardoor sympathische activiteit en symptomen afnemen. Optimaliseren van de circulatie is hierin het meest urgent door middel van toediening van vulling, inotropie en/of vasopressie.

Bij sepsis en inflammatie kan een hyperdynamische circulatie optreden met dezelfde klinische symptomen, maar deze zijn dan meestal geen uiting van een ontoereikende circulatie. De CO en bijbehorende CaO₂ (arteriële zuurstofcontent) zijn dan hoger dan normaal door gegeneraliseerde vasodilatatie. Toediening van vulling of inotropie zal in dit geval niet leiden tot afname van tachycardie, oligurie of hyperlactataemie. Ondersteuning middels vasopressie en voornamelijk behandeling van de infectiebron leidt tot herstel van sepsis en inflammatie en het voorkomen van onnodig toedienen van vulling.

Verschillende studies onderschrijven dat de ScvO₂ een goede afgeleide is van de CO (7,8), hoewel er ook studies zijn die geen duidelijke relatie vonden (9,10). Het ScvO₂-gestuurde circulatieprotocol maakt onderscheid tussen een hypo- en hyperdynamische circulatie. Bij een hypodynamische circulatie is sprake van een verminderde CO en hogere VO₂ dan DO₂, waardoor de ScvO₂ laag is. In het geval van een hyperdynamische circulatie is de CO normaal of verhoogd (verhoogde DO₂) met vasodilatatie met een relatief lage VO₂ in de weefsels, met als gevolg een hoge ScvO₂. Volgens het ScvO₂-gestuurde circulatieprotocol worden patiënten met een ScvO₂ ≥70% behandeld met vasopressie in plaats van vulling, aangezien het circulerend volume niet het primaire probleem

is bij een hyperdynamische circulatie. Daarbij komt dat diverse studies aantonen dat overvulling en cumulatief positieve vochtbalansen de ziekenhuisduur en mortaliteit vergroten (11,12). Bij een ScvO₂ <70% moet er gekeken worden of de patiënt fluid responsive is, wat inhoudt dat er een ≥15% toename van slagvolume (SV) is na een bolus vocht van 500mL welke binnen 30 minuten tijd is toegediend (fluid challenge). Om dit te kunnen beoordelen dient er gebruik te worden gemaakt van CO-monitoring. Indien er vermoeden is op weefselperfusieproblemen waarbij er sprake is van een lage ScvO₂ en CO en de patiënt niet fluid responsive is, dan dient de perfusie te worden geoptimaliseerd middels inotropie op geleide van CO (3,5,6).

In de praktijk valt op dat het circulatieprotocol niet altijd lijkt te worden gevolgd. Er wordt volgens de steekproef veel vocht gegeven ten tijde van een ontoereikende circulatie en weinig ScvO₂-metingen bepaald. Tevens zijn er veel positieve vochtbalansen. Onduidelijk hierin is hoe vaak het circulatieprotocol gevolgd wordt en wat eventuele redenen zijn dat het protocol niet wordt gevolgd.

De hypothese is dat er bij patiënten met een ontoereikende circulatie een bolus vocht wordt toegediend zonder eerst een ScvO₂ te bepalen of vocht toe te dienen bij een ScvO₂ ≥70%.

Doelstelling van het onderzoek is om door middel van een steekproef inzichtelijk te krijgen in hoeverre het circulatieprotocol wordt nageleefd en daarnaast middels interviews nagaan wat de oorzaken zijn om van dit protocol af te wijken.

Methoden

Studieopzet en onderzoeksperiode

Het betreft een cross-sectioneel onderzoek (steekproef) dat is uitgevoerd in november 2017, gevolgd door semigestructureerde focusgroep-interviews met artsen en IC-verpleegkundigen werkzaam op de algemene IC-afdelingen van het ErasmusMC in de periode tot en met augustus 2018.

In- en exclusiecriteria

Inclusiecriteria steekproef:

- Patiënten opgenomen op de algemene IC.
- IC-ligduur ≥1 dag.

Exclusiecriteria steekproef:

- Patiënten opgenomen op de Cardiothoracale IC en IC-hartbewaking.
- IC-ligduur <1 dag.
- Patiënten opgenomen voor instellen van thuisbeademing.

Inclusiecriteria interviews:

- IC-verpleegkundigen werkzaam op de algemene IC.
- Intensivisten, Fellows, ANIOS en AIOS werkzaam op de algemene IC.

Exclusiecriteria interviews:

- IC-verpleegkundigen die alleen werkzaam zijn op de Cardiothoracale IC en IC-hartbewaking.

Steekproef

Voor de steekproef (nulmeting) is 17-11-2017 als startpunt genomen. Alle patiënten die deze datum ≥1 dag lagen opgenomen op de algemene IC, exclusief patiënten voor instellen thuisbeademing, zijn geïnccludeerd. Van deze patiënten werden de volgende variabelen verzameld: leeftijd, geslacht, reden van opname, ligduur, cumulatieve vochtbalans, mechanische ventilatie, aanwezigheid van centraal veneuze katheter (CVK) in de eerste 24 uur van IC-opname, Sequential Organ Failure Assessment (SOFA)-score en cardiovasculaire SOFA-score in de eerste 24 uur van IC-opname, ScvO₂-bepalingen, cardiac output-monitoring, vasopressie, diuretica, ultrafiltratie. Alle data voor de steekproef werden verzameld vanuit het patiënt data management system (PDMS). Voor de berekening van de SOFA-score en cardiovasculaire SOFA-score is gebruik gemaakt van een online calculator (13).

Bij de steekproef waren vooraf de volgende onderzoeksvragen gedefinieerd:

- Wat is het verschil in SOFA-score, cardiovasculaire SOFA-score en aantal ligdagen tussen patiënten bij wie wel of geen ScvO₂ is afgenomen?

- Hoe vaak wordt een ScvO₂ afgenomen bij patiënten met cardiovasculaire SOFA-score van 3-4?
- Hoe vaak hebben patiënten met een cardiovasculaire SOFA-score van 3-4 een CVK met een tip hoog in het rechter atrium of laag in de vena cava superior (CVK in vena jugularis interna of vena subclavia)?

Interviewstructuur en vragen

Naar aanleiding van de steekproef lijkt het dat het circulatieprotocol niet wordt nageleefd zoals deze is ontwikkeld. Dit heeft mogelijk te maken met gedrag van artsen en IC-verpleegkundigen. Om de achterliggende motivaties, emoties en aannames te achterhalen is de voorkeur uitgegaan naar het afnemen van semigestructureerde focusgroep-interviews. De keuze voor focusgroep-interviews versus enquêtes is gemaakt om meer tot de kern te komen van het probleem. Tijdens het interview werd een kader geschetst en middels verdiepende vragen een discussie op gang gebracht.

Er werden vier focusgroep-interviews afgenomen met ieder drie IC-verpleegkundigen en één focusgroep-interview met 3-4 artsen. De interviews werden met geluidsapparatuur opgenomen en uitgeschreven, waarna antwoorden vanuit de discussie werden gelabeld.

Kader:

- Er zijn veel patiënten met een cardiovasculaire SOFA-score van 3-4 waarbij met enige regelmaat geen ScvO₂ wordt afgenomen.

Verdiepende vragen:

- Wat zijn redenen dat er geen ScvO₂-metingen worden verricht?
- Draagt de ScvO₂ bij aan het te volgen hemodynamisch beleid?
- Zijn er andere parameters die u belangrijker vindt in het te bepalen hemodynamisch beleid?
- Wie is er verantwoordelijk voor het verrichten van ScvO₂-metingen?

- Wat zijn oorzaken dat er geen CVK aanwezig is hoog in het rechter atrium of laag in de vena cava superior?

Statistiek

Verschillen tussen de groep patiënten bij wie wel of geen ScvO₂ meting is gedaan gedurende opname werden berekend middels Fisher's exact test (tweezijdig) voor nominale variabelen en Mann-Whitney U test voor continue variabelen. Alle berekeningen werden uitgevoerd met het programma Graphpad Prism versie 5.0 (LA, USA).

Resultaten

Populatiekenmerken (Tabel 1)

In totaal werden 25 patiënten geïnccludeerd in de steekproef. De karakteristieken van deze patiënten, onderverdeeld naar patiënten bij wie wel of geen ScvO₂ werd gemeten gedurende opname, zijn weergegeven in Tabel 1.

Vershil in SOFA-score, cardiovasculaire SOFA-score en aantal ligdagen tussen patiënten bij wie wel of geen ScvO₂ is afgenomen

Tabel 1 toont dat er geen significant verschil is in SOFA-score, cardiovasculaire SOFA-score of ligduur tussen patiënten bij wie wel of geen ScvO₂ is bepaald.

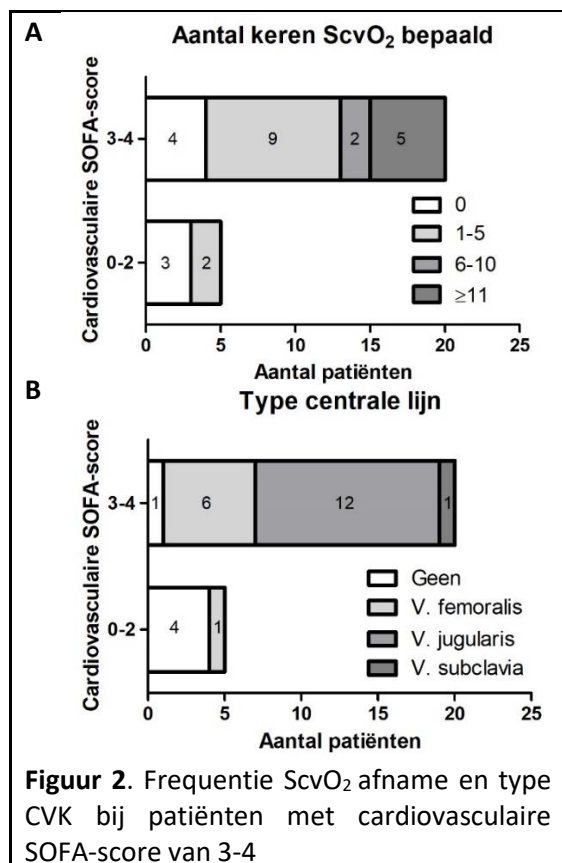
Frequentie ScvO₂ afname en type CVK bij patiënten met cardiovasculaire SOFA-score van 3-4 (Figuur 2)

In Figuur 2 is het aantal ScvO₂ afnames (A) en het type CVK (B) weergegeven voor patiënten met een hoge versus lage cardiovasculaire SOFA-score. Bij vier patiënten (20%) met een hoge cardiovasculaire SOFA-score is gedurende opname geen enkele keer een ScvO₂ bepaald. Bij 7 patiënten (35%) met een cardiovasculaire SOFA-score 3-4 was geen CVK met een tip hoog in het rechter atrium of laag in de vena cava superior geplaatst.

Tabel 1. Patiëntkarakteristieken steekproef, onderverdeeld naar patiënten bij wie wel of geen ScvO₂ werd gemeten gedurende opname.

	ScvO ₂ wel gemeten (n=18)	ScvO ₂ niet gemeten (n=7)	P-waarde
Mannelijk geslacht, n (%)	12 (67)	3 (43)	0,38
Leeftijd (jaren)	58,5 ± 13,0	52,4 ± 18,5	0,45
Ligduur (dagen)	14,0 ± 15,8	14,4 ± 14,0	0,98
Reden van opname			
Levertransplantatie	2 (11)	0 (0)	>0,99
Longtransplantatie	1 (6)	0 (0)	>0,99
Respiratoire insufficiëntie	5 (28)	1 (14)	0,64
Septische shock	1 (6)	0 (0)	>0,99
Hoog-energetisch trauma	4 (22)	2 (29)	>0,99
Intracerebrale bloeding	2 (11)	3 (43)	0,11
Post-reanimatie	1 (6)	0 (0)	>0,99
Abdominale chirurgie	2 (11)	0 (0)	>0,99
Hoofd-hals chirurgie	0 (0)	1 (14)	0,28
SOFA-score	9,3 ± 3,0	7,1 ± 2,5	0,10
SOFA Cardiovasculair	3,3 ± 1,3	2,4 ± 1,7	0,29
Mechanische ventilatie, n (%)	14 (78)	7 (100)	0,29
Vasopressie, n (%)	15 (83)	5 (71)	0,60
Cardiac output-monitoring, n (%)	5 (28)	1 (14)	0,64
Cumulatieve vochtbalans (mL)	6814 ± 9781	6286 ± 7004	0,38
Vochtbalans per ligdag (mL)	1154 ± 1092	1257 ± 1231	0,98

Getallen zijn weergegeven als aantal (percentage) of gemiddelde ± standaarddeviatie



Interviews

Er zijn twaalf IC-verpleegkundigen geïnterviewd in vier gelijk verdeelde focusgroepen. De werkervaring op de IC van deze verpleegkundigen varieerde van één tot 35 jaar. Drie artsen werden geïnterviewd waarvan twee AIOS en één fellow. De resultaten zijn hieronder weergegeven per vraag. Vraag vijf werd alleen voorgelegd aan de artsen.

Wat zijn redenen dat er geen ScvO₂-metingen worden verricht?

De helft van de geïnterviewde IC-verpleegkundigen geeft aan dat het verrichten van ScvO₂-metingen niet in hun routine werkzaamheden is geïntegreerd. 50% van deze IC-verpleegkundigen zegt dat dit komt doordat zij een oude opleiding hebben gevolgd, waarbij de ScvO₂ niet aan bod kwam. Door 58% van de IC-verpleegkundigen wordt aangegeven dat er geen ScvO₂ bepaling mogelijk is vanwege afwezigheid van een CVK in de vena jugularis of

vena subclavia. Tevens wordt er tijdens ieder focusgroep-interview aangegeven dat sommige collegae op de afdeling niet bekend zijn met het protocol.

Veelal wordt er bij patiënten die opgenomen worden vanaf de SEH of OK al vasopressie toegediend, geven de geïnterviewde artsen aan. Daarbij wordt er volgens hen, bij reeds gestarte vasopressie, de haemodynamiek niet meer gestuurd volgens het circulatieprotocol. Daarbij geven twee artsen aan dat in de vroege fase van een ontoereikende circulatie er gevaren wordt op de kliniek en lactaat. In een later stadium wordt de "extra" ScvO₂-meting pas verricht.

Draagt de ScvO₂ bij in het te volgen hemodynamisch beleid?

Alle geïnterviewde IC-verpleegkundigen vinden dat de ScvO₂ bijdraagt aan het te volgen haemodynamisch beleid. De helft van de geïnterviewden geeft echter aan dat zij de ScvO₂ alleen bijdragend vinden wanneer deze wordt gebruikt in combinatie met CO-monitoring. Zij vinden dat er gekeken moet worden naar de ScvO₂-trend, tensie, hartfrequentie, urineproductie, perifere circulatie en lactaat.

De artsen geven aan dat alleen de ScvO₂ geen behandeldoel op zich is. De ScvO₂ draagt in hun optiek bij aan het te bepalen hemodynamisch beleid i.c.m. tensie, hartfrequentie, urineproductie, perifere circulatie en lactaat. "Het geeft een overzicht van de hypo- of hyperdynamische circulatie van de patiënt."

Zijn er andere parameters die u belangrijker vindt in het te bepalen hemodynamisch beleid?

75% van de IC-verpleegkundigen en alle artsen vinden de CO en SV een belangrijkere parameter dan de ScvO₂. Vijf van deze IC-verpleegkundigen geven aan dat zij de tensie, hartfrequentie, urineproductie en lactaat net zo belangrijk vinden als de ScvO₂. Twee IC-verpleegkundigen benoemen de urineproductie en lactaat als belangrijkere parameter dan de ScvO₂.

Wie is er verantwoordelijk voor het verrichten van ScvO₂-metingen?

Alle IC-verpleegkundigen en artsen vinden de IC-verpleegkundigen verantwoordelijk voor het verrichten van ScvO₂-metingen. Alle artsen en 58% van de IC-verpleegkundigen vinden dat de arts eindverantwoordelijk is voor het te bepalen beleid op basis van ScvO₂.

Wat zijn oorzaken dat er geen CVK aanwezig is hoog in het rechter atrium of laag in de vena cava superior?

De drie geïnterviewde artsen geven aan dat bij een patiënt die wordt opgenomen via de SEH vaak in de acute setting een CVK wordt geplaatst in de vena femoralis. Twee artsen geven aan dat bij respiratoir insufficiënte patiënten er angst is om een iatrogene pneumothorax te veroorzaken bij het inbrengen van een vena jugularis. De tweede voorkeursplaats van een centrale lijn, de vena subclavia, wordt niet in overweging genomen.

Discussie

De resultaten van deze steekproef en interviews tonen aan dat het ScvO₂-gestuurde circulatieprotocol op de algemene IC van het ErasmusMC vaak niet of niet goed wordt gevolgd. Bij patiënten met een cardiovasculaire SOFA-score van 3-4, dus waarbij reeds vasopressie is gestart, zou men verwachten dat indien volgens protocol wordt gewerkt, gedurende opname ten minste één keer een ScvO₂ wordt bepaald. In deze steekproef bleek echter dat bij 20% van deze patiënten geen ScvO₂ werd bepaald. Opvallend hierbij is dat 35% van de patiënten met een cardiovasculaire SOFA-score 3-4 geen CVK had met een tip laag in de vena cava superior of hoog in het rechter atrium. Bij een deel van de patiënten die geen dergelijke CVK had, is dus wel een veneuze saturatie bepaald welke ten onrechte is gerapporteerd als ScvO₂. Ook in de groep patiënten met een cardiovasculaire SOFA-score 0-2 werd bij meer patiënten een ScvO₂ bepaald dan dat er patiënten met een voor ScvO₂-afname geschikte CVK waren.

Van de 18 patiënten waarbij wel ScvO₂ is gemeten, werd bij 83% vasopressie toegediend. Hoewel zowel artsen als IC-verpleegkundigen in de interviews aangeven dat zij CO en SV een belangrijkere parameter vinden dan de ScvO₂, vond bij slechts 28% van deze patiënten CO-monitoring plaats. Dit is een opvallende discrepantie tussen de mening van de geïnterviewden en de praktijk.

Als belangrijkste beweegredenen voor het niet volgen van het circulatieprotocol wordt gegeven dat er geen routine is in de ScvO₂ bepalingen, dat verpleegkundigen niet bekend zijn met het protocol, dat er geen geschikte CVK in situ is en dat in sommige gevallen parameters als lactaat belangrijker worden gevonden.

Sterke punten en beperkingen

Het in dit artikel beschreven onderzoek heeft enkele sterke punten en beperkingen. Een sterk punt van het onderzoek is dat de verkregen gegevens vanuit het cross-sectioneel onderzoek en de interviews relevant zijn voor de afdeling. Door de interviews af te nemen bij zowel IC-verpleegkundigen als artsen is op een breed niveau gekeken naar knelpunten in de praktijk. Door interviews af te nemen in plaats van enquêtes wordt er nagegaan of de gestelde vragen goed begrepen worden. Vanuit het geschetste kader zijn de vragen gesteld om de vragen te verduidelijken. Het afnemen van interviews in focusgroepen zorgt voor onderlinge verdieping en discussie onder de geïnterviewden.

Een beperking van dit artikel is dat het cross-sectioneel onderzoek maar op één dag heeft plaatsgevonden en daardoor een eenmalig meetmoment weergeeft. Daarbij zijn slechts 25 patiënten geïnccludeerd, wat een kleine populatie betreft. Het is goed mogelijk dat een steekproef op een ander moment met andere patiënten tot een andere uitkomst had geleid. Daarnaast geven de artsen aan dat wanneer de patiënten vanaf de SEH of OK opgenomen worden op de IC en er al vasopressie wordt toegediend, minder snel ScvO₂-metingen

worden bepaald. Uit dit onderzoek komt niet duidelijk naar voren via welke route (SEH, afdeling of postoperatief) patiënten werden opgenomen en welke relatie de verrichte ScvO₂-metingen hebben met reeds toegediende vasopressie. Een andere beperking is dat de groep geïnterviewden (twaalf IC-verpleegkundigen en drie artsen) slechts een kleine steekproef van het totale aantal verpleegkundigen en artsen op de IC betreft. Tenslotte bestaat door interviews in focusgroepen af te nemen de mogelijkheid dat er meer sociaal wenselijke antwoorden worden gegeven.

Conclusie

Uit dit onderzoek is gebleken dat het ScvO₂-gestuurde circulatieprotocol vaak niet goed wordt gevolgd, onder andere doordat het ontbreekt aan kennis over het protocol en routine in het werken met het circulatieprotocol. Daarbij is het ontbreken van een CVK geschikt voor afnames van ScvO₂ een belangrijk knelpunt in het te volgen haemodynamisch beleid.

Aanbevelingen

Het circulatieprotocol moet meer onder de aandacht worden gebracht bij het personeel door het organiseren van klinische lessen. De circulation practitioner kan hierin zijn functie uitdragen door ook bed-side-teaching te geven. Tijdens de werkzaamheden kan de circulation practitioner de IC-verpleegkundigen ondersteunen bij patiënten met een ontoereikende circulatie en hen sturing geven in het te volgen haemodynamisch beleid volgens het circulatieprotocol.

Herhaling van dit onderzoek met een grotere onderzoekspopulatie zou meer betrouwbaarheid en validiteit kunnen geven aan de bevindingen. Door een nieuwe steekproef te verrichten na opnieuw implementeren van en scholing in het circulatieprotocol aan IC-verpleegkundigen en artsen kan worden geëvalueerd of dit leidt tot betere naleving van het circulatieprotocol en van CO-monitoring.

Verdiepende vragen in de interviews kunnen de focus leggen op het inzetten van CO-monitoring. Daarnaast is het interessant om te objectiveren wat beweegredenen zijn onder IC-verpleegkundigen en artsen om een volume expansie toe te dienen of vasopressie geven bij een ontoereikende circulatie.

Het zou ook zinvol zijn om vervolgonderzoek te verrichten naar opnameherkomst van de patiënten met een cardiovasculaire SOFA-score van 3-4 en de locatie van de reeds ingebrachte CVK. Hierbij kan onderzocht worden of dit een knelpunt is in het volgen van het circulatieprotocol bij een ontoereikende circulatie wegens afwezigheid van een CVK hoog in het rechter atrium of laag in de vena cava superior. Daarnaast kan vervolgonderzoek verricht worden naar de inzet van CO-monitoring, de beweegredenen om CO-monitoring in te zetten en in hoeverre dit overeenkomt met het circulatieprotocol.

Literatuur

1. NICE data in beeld [Internet]. Available from: <https://www.stichting-nice.nl/datainbeeld/public?subject=BASIC&year=2016&hospital=148&icno=0>
2. Shoemaker WC. Oxygen transport and oxygen metabolism in shock and critical illness. Invasive and noninvasive monitoring of circulatory dysfunction and shock. *Crit Care Clin.* 1996;12(4):939–69.
3. Vincent J-L, De Backer D. Circulatory Shock. Finfer SR, Vincent J-L, editors. *N Engl J Med.* 2013;369(18):1726–34.
4. Hernandez G, Bruhn A, Castro R, Regueira T. The holistic view on perfusion monitoring in septic shock. *Curr Opin Crit Care.* 2012;18(3):280–6.
5. van Bommel J. Erasmus MC Circulatie Protocol [Internet]. [cited 2018 Sep 23]. Available from: <https://icv-erasmusmc.nl/protocol/circulatie/>
6. Boerma C. Shock, een praktische handleiding. Houten: Venticare; 2013.
7. Xu B, Yang X, Wang C, Jiang W, Weng L, Hu X, et al. Changes of central venous oxygen saturation define fluid responsiveness in patients with septic shock: A prospective observational study. *J Crit Care.* 2017;38:13–9.
8. Giraud R, Siegenthaler N, Gayet-Ageron A, Combescure C, Romand J-A, Bendjelid K. ScvO₂ as a marker to define fluid responsiveness. *J Trauma.* 2011;70(4):802–7.
9. Velissaris D, Pierrakos C, Scolletta S, De Backer D, Vincent J-L. High mixed venous oxygen saturation levels do not exclude fluid responsiveness in critically ill septic patients. *Crit Care.* 2011;15(4):R177.
10. Monnet X, Julien F, Ait-Hamou N, Lequoy M, Gosset C, Jozwiak M, et al. Lactate and venoarterial carbon dioxide difference/arterial-venous oxygen difference ratio, but not central venous oxygen saturation, predict increase in oxygen consumption in fluid responders. *Crit Care Med.* 2013;41(6):1412–20.
11. Tigabu BM, Davari M, Kebriaeezadeh A, Mojtahedzadeh M. Fluid volume, fluid balance and patient outcome in severe sepsis and septic shock: A systematic review. *J Crit Care.* 2018;48:153–9.
12. Lee J, de Louw E, Niemi M, Nelson R, Mark RG, Celi LA, et al. Association between fluid balance and survival in critically ill patients. *J Intern Med.* 2015;277(4):468–77.
13. MD Calc - Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score [Internet]. Available from: <https://www.mdcalc.com/sequential-organ-failure-assessment-sofa-score>