

'Keep the filters running'

Een retrospectief onderzoek naar de filterduur bij citraat CVVH

van Dijk M^A, van Eps R.S^B, Terpstra J^C

^A Renal Practitioner i.o., Intensive Care, Nij Smellinghe, Drachten

^B Internist-nefroloog-intensivist, Intensive Care, Nij Smellinghe, Drachten

^C Afdelingsmanager, Intensive Care, Nij Smellinghe, Drachten

Abstract

Achtergrond:

De effectiviteit van nierfunctievervangende therapie hangt samen met de filterduur. De filterduur wordt beïnvloed door diverse factoren.

Het vroegtijdig stollen van het filter is een substantieel probleem, het veroorzaakt een langere downtime, verhoogd bloedverlies, werklast en kosten.

Doelstelling:

Inzicht krijgen in de filterduur bij citraat CVVH op de Intensive Care van Nij Smellinghe.

Methode:

Retrospectief onderzoek naar de filterduur bij citraat CVVH.

De onderzoeksperiode liep van 01-05-2012 tot en met 31-12-2016. Er werden 20 patiënten geïncludeerd (104 hemofilters).

Resultaat:

De gemiddelde filterduur is berekend bij de hemofilters die beëindigd werden in verband met een gestold filter (15), hoog TMP (37), filterduur tot 72 uur (9) of langer dan 72 uur (1). De gemiddelde filterduur (n = 62) was 34,91 uur.

De vasculaire toegang kan leiden tot een gemiddeld langere of kortere filterduur.

De gemiddelde filtratiefraction was 35,42%.

Het gemiddelde geïoniseerde calcium bedroeg 1,11 mmol/l. De gemiddelde hematocriet bedroeg 0,29 mmol/l.

Conclusie:

De gemiddelde filterduur bij citraat CVVH is significant (p = ,000) korter dan 72 uur op de IC van Nij Smellinghe en komt niet overeen met de beschrijving in de literatuur.

De vasculaire toegang kan in sommige gevallen leiden tot een gemiddeld langere of kortere filteroverleving. De filterduur bij de vena subclavia rechts is langer dan bij de vena jugularis interna rechts vena femoralis links. Het geïoniseerd calcium, hematocriet en de filtratiefraction tonen geen correlatie met de filterduur.

Ziekenhuis Nij Smellinghe

Nij Smellinghe is een streekziekenhuis in Zuidoost Friesland met 270 bedden. De Intensive Care (IC) afdeling bestaat uit 6 bedden.

Continuous Renal Replacement Therapy (CRRT) wordt alleen middels continu veno-veneuze hemofiltratie (CVVH) toegepast.

In 2015 werden 313 patiënten opgenomen op de IC van Nij Smellinghe. Van de 304 patiënten ontvingen er 11 patiënten een CVVH behandeling.

In totaal waren er 113 CVVH dagen, met een gemiddelde behandelduur van 10,27 dagen.

In 2016 werden 265 patiënten opgenomen, waarvan 14 patiënten een CVVH behandeling ontvingen. In totaal waren 79 CVVH dagen, met een gemiddelde behandelduur van 5,64 dagen.

Inleiding

CVVH wordt toegepast bij de behandeling van patiënten met o.a. acute kidney injury (AKI) op de Intensive Care.

Om stolling in het extracorporele circuit bij CVVH te voorkomen is over het algemeen anticoagulantia vereist. Citraat biedt regionale anticoagulantie. Citraat wordt toegediend in het extracorporele circuit, het vermindert het geïoniseerde calcium door chelatie. Calcium is een cofactor in de stollingscascade. De aanmaak van thrombine wordt geremd. Het vrije- en gebonden calcium wordt gedeeltelijk verwijderd door convectie. Vervolgens komt het gedeeltelijk in de systemische circulatie waar het geïoniseerde calcium stijgt door calcium suppletie en de omzetting van citraat. Als gevolg daarvan geeft citraat geen systemische anticoagulantie⁽¹⁾.

Uit recente literatuur is gebleken dat citraat CVVH geassocieerd is met een langere filterduur. Uit analyse door Stucker et al.⁽²⁾, blijkt de filterduur bij citraat CVVH 49 ± 29 versus 28 ± 23 uur bij heparine CVVH te zijn. Het onderzoek van Schilder et al.⁽³⁾, toont een filterduur bij citraat CVVH van gemiddeld 46 uur en bij heparine CVVH van gemiddeld 32 uur aan.

De filterduur wordt beïnvloedt door een groot aantal factoren, waaronder^(1,4,5):

- de mate van ziek zijn, waardoor activatie en/of een verminderde stolling kan zijn ontstaan;
- CRRT modaliteit (dialyse of filtratie, pre- of postdilutie);
- de effluentdosering;
- de filtratiefractie;
- de kwaliteit van de vasculaire toegang;
- de downtime (o.a. beïnvloedt door verpleegkundig uitgevoerde acties op alarmeringen).

Het vroegtijdig stollen van het filter is een substantieel probleem, wat een langere downtime, een verhoogd bloedverlies, toename van de werklust, afname efficiëntie en kostenstijging veroorzaakt^(1,4,5).

Op de IC van Nij Smellinghe wordt het hemofilter in principe elke 72 uur gewisseld, hierna vervalt de garantie van de fabrikant. Deze is met name gebaseerd op het feit dat de lekkage van de lijnenset na 72 uur niet meer gegarandeerd wordt.

Probleemstelling

De ervaring is dat de filterduur bij citraat CVVH op de Intensive Care van Nij Smellinghe korter is dan 72 uur, hetgeen cijfermatig echter niet is aangetoond. Daarnaast is onbekend welke factoren van invloed zijn op de filterduur.

Onderzoeksdoel en -vraagstelling

Het doel van deze studie is het verkrijgen van inzicht in de filterduur bij citraat CVVH op de IC van Nij Smellinghe.

De onderzoeksvraag in dit onderzoek is:

- Is de filterduur bij citraat CVVH significant korter dan 72 uur?

De deelvraag in dit onderzoek is:

- Welke factoren beïnvloeden de filterduur bij citraat CVVH?

Onderzoeksmethode

Het betreft een retrospectief, single center, data onderzoek verricht op de IC van Nij Smellinghe.

De onderzoeksperiode liep van 01-05-2012 tot en met 31-12-2016. In- en exclusiecriteria worden weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: In- en exclusiecriteria

Inclusie criteria	Exclusie criteria
Nierfunctievervangende therapie door citraat CVVH	Nierfunctievervangende therapie door heparine CVVH
Minimaal 24 uur citraat CVVH ontvangen	Citraat CVVH voor 01-05-2012
Citraat CVVH gestart op of na 01-05-2012	Citraat CVVH gestopt na 31-12-2016
	Patiënten onder de 18 jaar

42 patiënten ontvingen in deze periode citraat CVVH. 20 patiënten werden geïncludeerd voor het onderzoek. 22 patiënten werden geëxcludeerd op basis van onvoldoende beschikbare gegevens. De demografische gegevens van deze onderzoeksgroep zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2: Demografische gegevens

Onderzoekspopulatie	N = 20
Gemiddelde leeftijd in jaren	65 (23 -80)
Geslacht Man (%)	16 (80%)
Vrouw (%)	4 (20%)
Gemiddeld aantal behandelddagen CVVH	10,2
Gemiddeld gewicht in kg	86 (60-102)
Systeemcategorieën APACHE-score (aantal) (%)	
- Non-operative cardiovasculair	7 (35%)
- Non-operative respiratoire	3 (15%)
- Non-operative geni-tourinary	6 (30%)
- Post-operative gastro-intestinal	2 (10%)
- Post-operative cardiovasculair	2 (10%)
RIFLE criteria (aantal) (%)	
- Risk	0 (0%)
- Injury	5 (25%)
- Failure	12 (60%)
- Loss	3 (15%)
- ESRD	0 (0%)
Vasculaire toegang (aantal) (%)	
- vena Femoralis links	6 (24%)
- vena Femoralis rechts	8 (32%)
- vena Jugularis interna links	0 (0%)
- vena Jugularis interna rechts	5 (20%)
- vena Subclavia links	4 (16%)
- vena Subclavia rechts	2 (8%)

CVVH werd uitgevoerd door gebruik te maken van een Prismaflex ST 150 Set met een AN69 membraan, 1,5 m² (Baxter B.V.). Daarbij werd gebruik gemaakt van de citraatvloeistof Prismocitrate 18/0 predilutie en de substitutievloeistof PrismaSol 2.0, postdilutie. De bloedflow, de citraatdosering en de Calcium/Magnesiumpomp zijn aan elkaar gekoppeld. De handmatig ingestelde waarden zoals de substitutiedosering, de hematocrietwaarde en de afname van de patiënt worden meegerekend in de Calcium/Magnesium dosering. Standaard afspraken van de flowinstellingen worden weergegeven in tabel 3. De minimale bloedflow bedroeg 160 ml/min. Deze werd aangepast tot een effluentdosering van 30-35 ml/kg/u werd bereikt. De ultrafiltratiesnelheid varieerde tussen 50-200 ml/uur. Vasculaire toegang werd verkregen via insertie van een 15 cm of 20 cm, 13 Fr. GamCath, Double lumen katheter kit, (Baxter B.V.) in de vena femoralis, vena jugularis of vena subclavia. Laboratoriumonderzoek gedurende de CVVH therapie bestond uit; een arteriële bloedgasanalyse met een bepaling van het geïoniseerd calcium à 6 uur. De hematocriet bepaling vond 1 keer daags plaats. Het geïoniseerd calcium van de patiënt werd tussen de 0,90 - 1,20 mmol/l gehandhaafd.

Tabel 3: Schema flowinstellingen, aan de hand van het opnamegewicht

Opname gewicht	Bloedflow	Citraatdosering (mmol/l), PBP	Substitutie	Calcium Comp.
< 60 kg	160 ml/min	2.2 (1175 ml/u)	900 ml/u	100%
60-80 kg	170 ml/min	2.2 (1250 ml/u)	1300 ml/u	100%
>80 kg	180 ml/min	2.2 (1320 ml/u)	1700 ml/u	100%
	200 ml/min	2.2 (1470 ml/u)	2550 ml/u	100%

Retrograad werden gegevens van iedere patiënt betreffende leeftijd, gewicht, gebruik van, RIFLE-criteria, flowinstellingen, filterdrukken, filterduur, de aanleiding voor het starten van een nieuw hemofilter, vasculaire toegang en laboratoriumonderzoek verkregen. Wat betreft laboratoriumonderzoek werd het systemische

geïoniseerde calcium en de hematocriet bepaald.

De studie gebruikte verzamelde gegevens uit MetaVision, het patiënt data management systeem (PDMS). Het PDMS verzamelt patiëntinformatie per minuut⁽⁶⁾.

De gemiddelde filterduur bij citraat CVVH is berekend bij de hemofilters die beëindigd werden in verband met een gestold filter, hoge transmembraandruk (TMP) en een filterlooptijd tot 72 uur of langer dan 72 uur. Evenals filterduur in relatie tot vasculaire toegang, het geïoniseerd calcium, de hematocriet en filtratiefractie. Hoge transmembraandruk (TMP) is gedefinieerd als de druk die wordt uitgeoefend op het filtermembraan tijdens de werking van het Prismaflex-systeem⁽⁷⁾. Deze druk geeft het drukverschil weer tussen het bloed- en vochtcompartimenten van het filter⁽⁷⁾. Als de TMP boven 300 mmHg stijgt, wordt het alarm "TMP te hoog" geactiveerd. "Filter gestold" is gedefinieerd als het alarm dat wordt geactiveerd indien de limieten "stolsels in het filter" en "overmatig TMP" zijn bereikt tijdens de werking van het Prismaflex-systeem⁽⁷⁾.

Statistische analyse werd uitgevoerd met de SPSS software.

Voor de normaliteitstoetsen is de Kolmogorov-Smirnov test gebruikt.

De vraag of de filterduur significant korter is dan 72 uur is getoetst met de T-test. Omdat er in de hypothese één richting wordt verondersteld (korter dan 72) wordt de test éenzijdig getoetst met een p-waarde van 0,10 (2 x 0,05).

Voor het vergelijken van de gemiddelde filterduur op basis van vasculaire toegang is de One-way ANOVA test gebruikt. De filterduur in relatie tot de vasculaire toegang is tweezijdig getoetst met een p-waarde van 0,05. Om te bepalen welke vasculaire toegang de filterduur significant beïnvloedt, is de post hoc LSD-toets gebruikt met een p-waarde van 0,05.

Om te bepalen in welke mate het gemiddelde geïoniseerd calcium, de gemiddelde hematocriet en gemiddelde filtratiefractie is gecorreleerd met de filterduur, is de

Spearman's Correlatie Coëfficiënt berekend. Voor iedere test is een post hoc powerberekening uitgevoerd in het programma G*Power 3.1.9.2., zie bijlage 1.

Resultaten

Filterduur

104 hemofilters werden geanalyseerd. De redenen voor het beëindigen van het hemofilter wordt weergegeven in tabel 4. De gemiddelde filterduur is berekend bij de hemofilters die beëindigd werden in verband met gestold filter (15), hoog TMP (37), filterlooptijd tot 72 uur (9) of langer dan 72 uur (1). De gemiddelde filterduur (n = 62) was 34,91 uur (p = ,000).

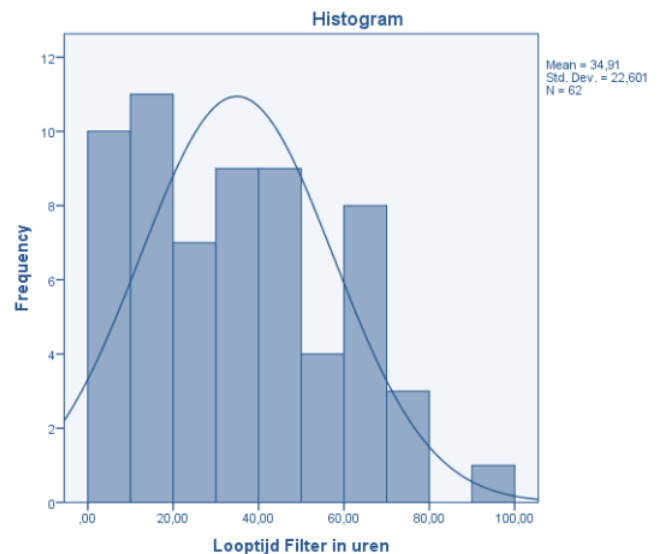
De gemiddelde filterduur bij citraat CVVH (n = 62) wordt weergegeven in figuur 1.

In 37 gevallen was er sprake van een hoog TMP. Opvallend is dat in 23 (62,2%) gevallen het hemofilter eerder dan de afgesproken norm in Nij Smellinghe (TMP > 300 mmHg) werd beëindigd. Daarnaast is het opvallend dat de bloedflow bij 14 hemofilters (37,8%) gedurende het oplopen van de TMP werd verlaagd. Overige flowinstellingen bleven ongewijzigd.

Tabel 4: Reden voor beëindiging hemofilter

Aantal hemofilters	N = 104
- Filter gestold	15 (14,42 %)
- Hoog TMP (> 300 mmHg)	37 (35,58 %)
- Filterduur tot 72 uur	9 (8,65 %)
- Filterduur langer dan 72 uur	1 (0,96 %)
Overig:	
- Aanvoerproblemen	12 (11,54%)
- Lucht in het systeem	4 (3,85%)
Therapeutische interventies:	
- Over op heparine CVVH	1 (0,96 %)
- Overplaatsing naar ander ziekenhuis	3 (2,88 %)
- Inzet palliatief beleid	4 (3,85 %)
- Beëindiging in verband met diagnostiek	7 (6,73 %)
- Reden onbekend	11 (10,58 %)

Figuur 1: Gemiddelde filterduur



De vasculaire toegang in relatie tot de filterduur

Vasculaire toegang voor CVVH werd middels de vena femoralis links (n = 20), vena femoralis rechts (n = 13), vena jugularis interna rechts (n = 4), vena subclavia links (n = 13) en vena subclavia rechts (n = 6) verkregen. In tabel 2 (demografische gegevens) wordt de vasculaire toegang (n = 25) onder de 20 geïncludeerde patiënten beschreven. In 5 gevallen werd in verband met katheterdysfunctie een nieuwe dialysekatheter geplaatst. Uit de studie blijkt dat de vasculaire toegang in sommige gevallen kan leiden tot een gemiddeld langere of kortere filterduur (p = ,050), zie tabel 5.

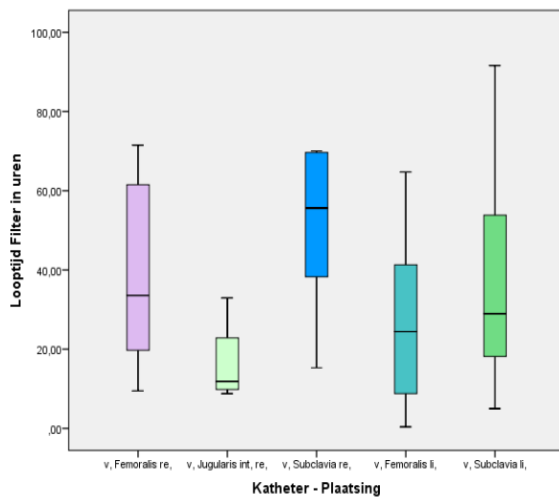
Tabel 5: One-way ANOVA test: vergelijken van de gemiddelde filterduur op basis van vasculaire toegang

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4867,955	4	1216,989	2,560	,050
Within Groups	24245,309	51	475,398		
Total	29113,264	55			

Onder de groepen is een significant verschil aangetoond. De filterduur bij de vena subclavia rechts is langer dan bij de vena jugularis interna rechts (p = ,018) en vena femoralis links (p = ,016). Om dit te bepalen is de post hoc LSD-toets gebruikt, zie bijlage 2.

De vasculaire toegang in relatie tot de filterduur wordt weergegeven in figuur 2.

Figuur 2. Vasculaire toegang in relatie tot de filterduur



Geïoniseerd calcium, hematocriet en filtratie fractie in relatie tot de filterduur

De gemiddelde filtratiefraction was 35,42%. Het gemiddelde geïoniseerde calcium bedroeg 1,11 mmol/l. De gemiddelde hematocriet bedroeg 0,29 mmol/l. Het geïoniseerd calcium, de hematocriet en filtratiefraction tonen in deze studie geen correlatie met de filterduur. De correlatie tussen het geïoniseerd calcium, de hematocriet en filtratiefraction worden in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6. Geïoniseerd calcium, hematocriet en filtratie fractie in relatie tot de filterduur.

Correlations		Looptijd filter in uren	
Spearman's rho	Looptijd Filter in uren	Correlation Coëfficiënt	1,000
		Sig. (2-tailed)	.
		N	62
	Gem_GeioniCa	Correlation Coëfficiënt	,192
		Sig. (2-tailed)	,142
		N	60
	Gem_Filtratiefraction	Correlation Coëfficiënt	-,214
		Sig. (2-tailed)	,095
		N	62
	Gem_Ht	Correlation Coëfficiënt	,030
		Sig. (2-tailed)	,818
		N	60

*.Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Discussie

De studie heeft aangetoond dat de filterduur op de afdeling IC van Nij Smellinghe significant korter is dan 72 uur. En komt tevens niet

overeen met de beschrijving in de literatuur^(2,3).

In 37 gevallen werd het hemofilter beëindigd in verband met een verhoogd TMP. Opvallend is dat in 23 gevallen (62,2%) het hemofilter eerder dan de afgesproken norm in Nij Smellinghe (TMP: 300 mmHg) werd beëindigd. Een factor die hier mogelijk een rol in heeft gespeeld is de actie van IC verpleegkundigen op drukalarmeringen⁽⁴⁾.

Een verhoogd TMP zou een eerste signaal moeten zijn van stollingsproblemen: door verstopte fibers verminderd oppervlakte van het filter en zal het TMP bij gelijkblijvende flowinstellingen oplopen. Het ophogen van de bloedflow zou hier een gunstig effect op kunnen hebben.

Opvallend is dat de bloedflow in 14 (37,8%) gevallen werd verlaagd bij een oplopende TMP. Dit kan de filterduur beïnvloed hebben.

Uit de studie blijkt dat er onder de groepen een significant verschil onder de filterduur en vasculaire toegang is. De filterduur bij de vena subclavia rechts is langer dan bij vena jugularis interna rechts en de vena femoralis links. Dit in tegenstelling tot wat in de literatuur wordt beschreven^(8,9,10).

Opvallend is dat de vasculaire toegang in 19 gevallen middels de vena subclavia links en rechts werd verkregen. In de KDIGO richtlijn⁽¹⁰⁾ wordt aanbevolen om de vena subclavia niet te gebruiken bij verwachte dialyse behoefte in de toekomst, om subclaviastenose te voorkomen.

Uit deze studie blijkt geen correlatie tussen filterduur en de hematocriet en filtratiefraction. Om pro-coagulerende effecten van hemoconcentratie te minimaliseren wordt aanbevolen de filtratiefraction rond 25-30% bij postdilutie te hanteren⁽⁴⁾.

De filtratiefraction verlagende factoren zijn, o.a.: het verhogen van de bloedflow en eventueel verlagen van de substitutiefraction.

Uit deze studie blijkt dat het geïoniseerd calcium geen correlatie met de filterduur toonde. Het gemiddelde geïoniseerde calcium bedroeg 1,11 mmol/l. Het toepassen van citraat CVVH, lijkt adequaat te zijn en aanpassing van het citraat en daarmee de

calciumsuppletie lijkt niet noodzakelijk. In tegenstelling tot de studie van Zang et al.⁽¹¹⁾, waarin een studie een langere filterduur bij een laag geïoniseerd calcium (0,80 mmol/l versus 1,29 mmol/l) wordt aangetoond. Daarnaast is er in deze studie geen gebruik gemaakt geïoniseerd calcium postfilter bepalingen. Gezien de discrepantie bij postfilter geïoniseerd calcium bepalingen⁽¹²⁾ wordt dit op onze Intensive Care niet toegepast. Echter, ondanks het feit dat de filterduur en het geïoniseerd calcium geen correlatie in deze studie aantonen, blijft de vraag bestaan om de citraat dosering en daarmee de calciumsuppletie aan te passen.

Deze studie heeft meerdere beperkingen die in beschouwing genomen moeten worden bij het interpreteren van de resultaten. Dit onderzoek heeft een kleine onderzoekspopulatie en is retrospectief uitgevoerd, wat maakt dat de data niet volgens één voor gedefinieerde methode zijn gedocumenteerd. Doordat dit onderzoek retrospectief is uitgevoerd, is het niet mogelijk gebleken alle gewenste parameters te gebruiken. Meetwaarden die wellicht bruikbaar zouden kunnen zijn geweest, zijn o.a.: drukalarmeringen, verpleegkundige actie op drukalarmeringen en de houding/mobiliteit van de patiënt.

De onderzoeksperiode is relatief lang, dit maakt dat inzichten en werkwijze wellicht niet uniform zijn geweest, wat de uitkomst van dit onderzoek heeft kunnen beïnvloeden.

Conclusie

De onderzoeksdata tonen aan dat de gemiddelde filterduur bij citraat CVVH significant korter is dan 72 uur. Hemofilter beëindiging vond in 37 gevallen plaats in verband met een verhoogd TMP. Opvallend is dat in 23 gevallen (62%) het hemofilter eerder dan de afgesproken norm (TMP >300 mmHg) werd beëindigd. De vasculaire toegang kan leiden tot een gemiddeld langere of kortere filterduur. De filterduur bij de vena subclavia rechts is langer dan bij de vena jugularis interna rechts en vena femoralis links.

Het geïoniseerd calcium, hematocriet en de filtratiefraction vertonen geen correlatie tot de filterduur.

Echter, met de tekortkomingen van deze studie in beschouwing nemende, is prospectief onderzoek zeer wenselijk.

Aanbevelingen

Om de filterduur bij citraat CVVH op de IC van Nij Smellinghe te verlengen, worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- een evidence based practice citraat CVVH protocol ontwikkelen
- optimaliseren vasculaire toegang
- scholing, scenario training, bed side teaching aan IC verpleegkundigen over citraat CVVH en actie op drukalarmeringen
- scholing over de herkenning van stolling in hemofilter en het belang van de verpleegkundige actie hierop
- onderzoeksdata aan medisch specialisten presenteren
- data verzamelen omtrent filterduur citraat CVVH continueren.

Rol Renal Practitioner

De Renal Practitioner dient, in samenspraak met de medisch specialisten een best practice citraat CVVH protocol te ontwikkelen. Een literatuurstudie en navraag c.q. vergelijk in andere centra in Nederland, moeten de basis leggen voor dit protocol. De Renal Practitioner dient vervolgens zorg te dragen voor implementatie en scholing. Wat betreft scholing, zal aandacht besteed moeten worden aan de signalen van stolling in het hemofilter, en het belang van de daarop volgende verpleegkundige acties besteed. De Renal Practitioner werkt aan de ontwikkeling van de E-learning omtrent citraat CVVH en verzorgt klinische lessen omtrent 'trouble shooting' tijdens CVVH.

De Renal Practitioner gaat met de medisch specialisten in gesprek over de keuze in vaattoegang voor de dialysekatheeter, met inachtneming de KDIGO-richtlijn.

De Renal Practitioner zal de data omtrent de filterduur bij citraat CVVH blijven verzamelen. Aan de hand van deze data hoopt de Renal Practitioner aan te tonen dat de filterduur is toegenomen.

Literatuurlijst

1. Oudemans-van Straaten, *Citrate Anticoagulation for Continuous Renal Replacement Therapy in the Critically Ill*, Blood Purification 2010;29(2):191-6
2. Stucker et al, *Efficacy and safety of citrate-based anticoagulation compared to heparin in patients with acute kidney injury requiring continuous renal replacement therapy: a randomized controlled trial*. Critical Care. 2015 Mar 18;19:91
3. Schilder et al., *Citrate anticoagulation versus systemic heparinisation in continuous venovenous hemofiltration in critically ill patients with acute kidney injury: a multi-center randomized clinical trial*. Critical Care. 2014, 18:472
4. Joannidis et al., *Clinical review: Patency of the circuit in continuous renal replacement therapy*. Critical Care. 2007;11(4):218
5. Schilder et al., *Coagulation, Fibrinolysis and Inhibitors in Failing Filters during Continuous Venovenous Hemofiltration in Critically Ill Patients with Acute Kidney Injury: Effect of Anticoagulation Modalities*, Blood Purification 2015;39(4):297-305
6. Itémedical. *Producten en oplossingen*. Geraadpleegd op 9 juli 2017 , van <http://www.itemedical.nl/nl/producten-en-oplossingen/metavision-suite/metavision-icu>
7. Gambro B.V. (2005-2012). Manual Prismaflex. Via: 226 43 Lund, Zweden. Gambro Lundia AB
8. Crosswel et al., *Vascular access site influences circuit life in continuous renal replacement therapy*. Critical Care Resuscitation. 2014, 16: 127–130
9. Wyatt et al., *We still go for the jugular: implications of the 3SITES central venous catheter study for nephrology*. Kidney International. 2016, 89, 522–524
10. KDIGO.org. (2012). *Clinical practice Guideline for Acute Kidney Injury*. Geraadpleegd op 1 juli 2017, van http://www.kdigo.org/clinical_practice_guidelines/pdf/KDIGO%20AKI%20Guideline.pdf
11. Zhang et al., *Variables Associated with Circuit Life Span in Critically Ill Patients Undergoing Continuous Renal Replacement Therapy: A Prospective Observational Study*, ASAIO Journal 2012, 58:46–50
12. Schwarzer et al., *Discrepant post filter ionized calcium concentrations by common blood gas analyzers in CRRT using regional citrate anticoagulation*. Critical Care (2015) 19:321 DOI 10.1186/s13054-015-1027-1

Bijlage 1: Powerberekeningen

T-test

```
t tests - Means: Difference from constant (one sample case)
Analysis: Post hoc: Compute achieved power
Input: Tail(s) = One
      Effect size d = 0.8
      α err prob = 0.05
      Total sample size = 62
Output: Noncentrality parameter δ = 6.2992063
      Critical t = 1.6702195
      Df = 61
      Power (1-β err prob) = 0.9999977
```

Gemiddelde filterduur

De powerberekening van de t-test is post hoc uitgevoerd met een eenzijdige toetsing en een groot effectgrootte (0,8). De powerwaarde bedroeg 0,99.

One-way Anova

```
F tests - ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way
Analysis: Post hoc: Compute achieved power
Input: Effect size f = 0.4228265
      α err prob = 0.05
      Total sample size = 56
      Number of groups = 5
Output: Noncentrality parameter λ = 10.0118059
      Critical F = 2.5533954
      Numerator df = 4
      Denominator df = 51
      Power (1-β err prob) = 0.6706507
```

Vasculaire toegang in relatie tot de filterduur

Voor de ANOVA-toetsen is een post-hoc powerberekening uitgevoerd met een standaarddeviatie binnen groepen van 22,2. De waarde van de powerberekening bedroeg 0,67.

Spearman (= gelijk aan Pearson) Correlatie

```
z tests - Correlations: Two independent Pearson r's
Analysis: Post hoc: Compute achieved power
Input: Tail(s) = Two
      Effect size q = 0.5
      α err prob = 0.05
      Sample size group 1 = 60
      Sample size group 2 = 60
Output: Critical z = 1.9599640
      Power (1-β err prob) = 0.7609344
```

Geïoniseerd calcium, hematocriet en filtratie fractie in relatie tot de filterduur

De power van de correlatie berekening is post hoc uitgevoerd op basis van een groot effectgrootte (0,5) en gaf een waarde van 0,76.

Bijlage 2: LSD toets

Vasculaire toegang in relatie tot de filterduur

Om te bepalen welke vasculaire toegang de filterduur significant beïnvloedt, is de post hoc LSD-toets gebruikt met een p-waarde van 0,05.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Looptijd Filter in uren
LSD

95% Confidence Interval

(I) Katheter - plaatsing	(J) Katheter - plaatsing	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lowerbound	Upper bound
vena Femoralis re.	v. Jugularis int. re.	23,03500	12,46670	,070	-1,9929	48,0629
	v. Subclavia re.	-11,38667	10,76114	,295	-32,9906	10,2172
	v. Femoralis li.	13,90500	7,76782	,079	-1,6895	29,4995
	v. Subclavia li.	2,32154	8,55209	,787	-14,8475	19,4906
vena Jugularis int. re.	v. Femoralis re.	-23,03500	12,46670	,070	-48,0629	1,9929
	v. Subclavia re.	-34,42167*	14,07418	,018	-62,6768	-6,1666
	v. Femoralis li.	-9,13000	11,94234	,448	-33,1052	14,8452
	v. Subclavia li.	-20,71346	12,46670	,103	-45,7414	4,3145
vena Subclavia re.	v. Femoralis re.	11,38667	10,76114	,295	-10,2172	32,9906
	v. Jugularis int. re.	34,42167*	14,07418	,018	6,1666	62,6768
	v. Femoralis li.	25,29167*	10,14904	,016	4,9166	45,6667
	v. Subclavia li.	13,70821	10,76114	,208	-7,8957	35,3121
vena Femoralis li.	v. Femoralis re.	-13,90500	7,76782	,079	-29,4995	1,6895
	v. Jugularis int. re.	9,13000	11,94234	,448	-14,8452	33,1052
	v. Subclavia re.	-25,29167*	10,14904	,016	-45,6667	-4,9166
	v. Subclavia li.	-11,58346	7,76782	,142	-27,1780	4,0111
vena Subclavia li.	v. Femoralis re.	-2,32154	8,55209	,787	-19,4906	14,8475
	v. Jugularis int. re.	20,71346	12,46670	,103	-4,3145	45,7414
	v. Subclavia re.	-13,70821	10,76114	,208	-35,3121	7,8957
	v. Femoralis li.	11,58346	7,76782	,142	-4,0111	27,1780