

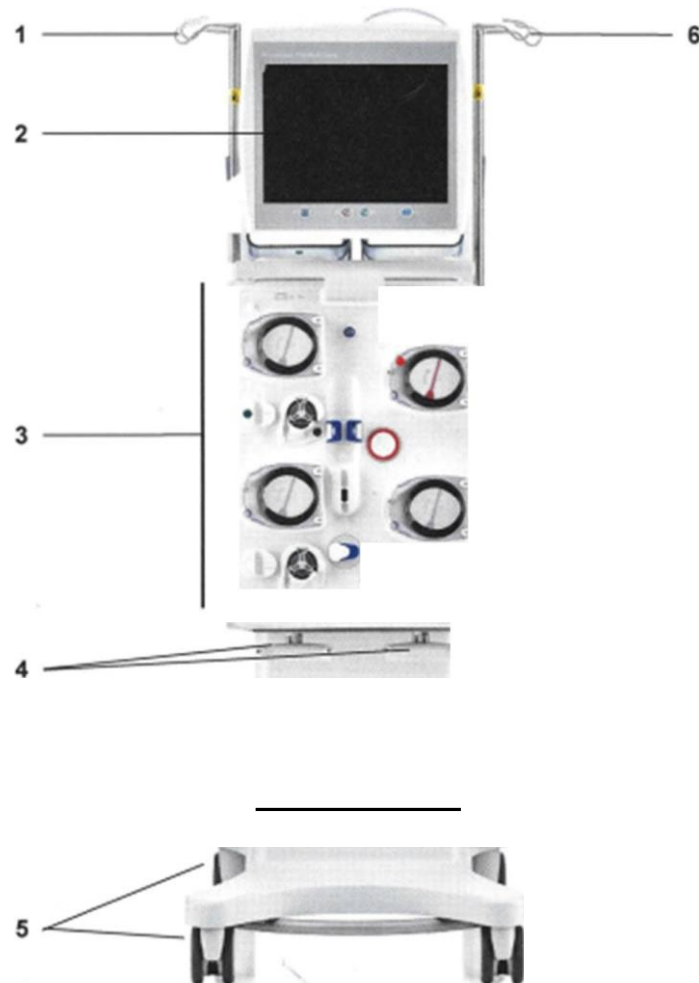
MultiFiltratePro

Citraat Calcium Continue Veno Veneuze Hemo Dialyse (CiCa CVVHD)



Aanzichten van het apparaat

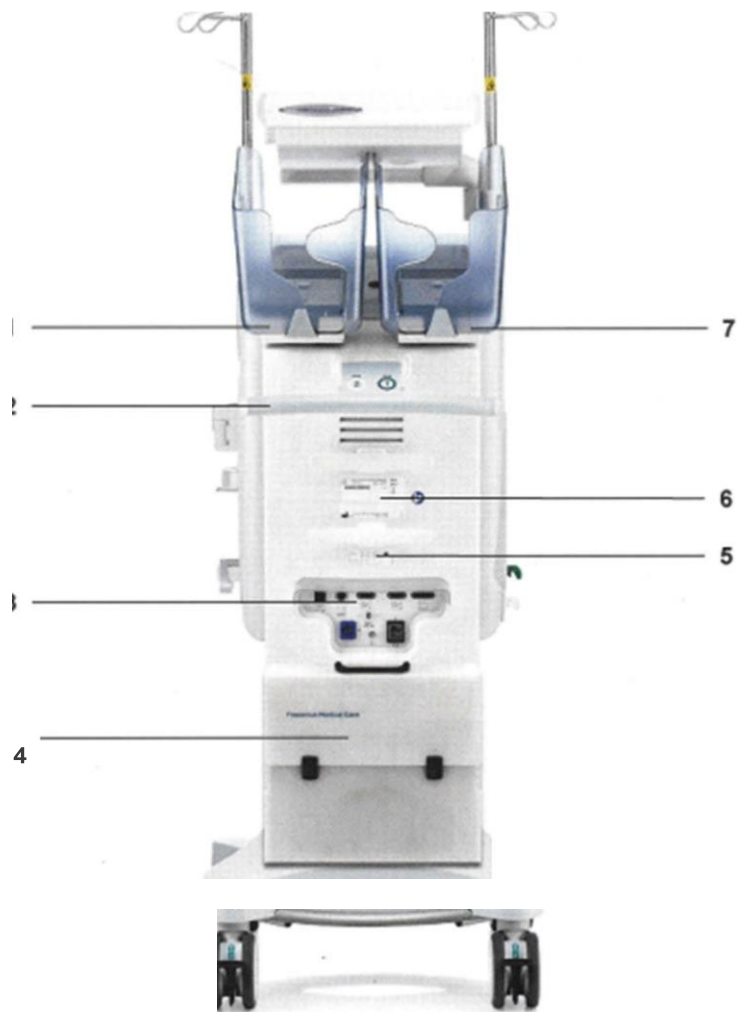
Vooraanzicht



Legenda

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 | Infuuspaal (links) | 4 | Weegschaal 3 en 4 |
| 2 | Beeldscherm | 5 | Verrijdbaar onderstel met remmen |
| 3 | Extracorporele behandelingsmodule | 6 | Infuuspaal (rechts) |

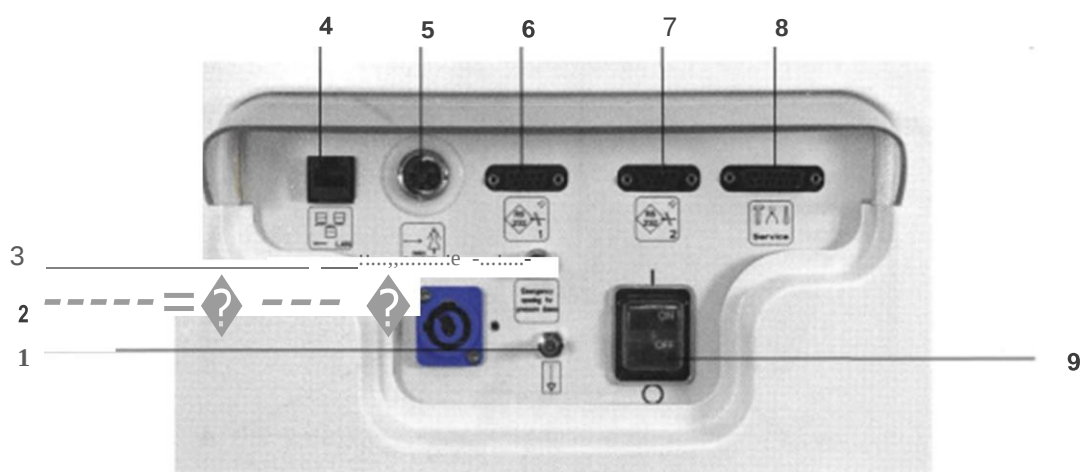
Achteraanzicht



Legenda

- 1 Weegschaal 2 (wit)
- 2 Handgreep
- 3 Aansluitingen
- 4 Tas met accessoires
- 5 Spanningsindicatie
- 6 Typeplaatje
- 7 Weegschaal 1 (groen)

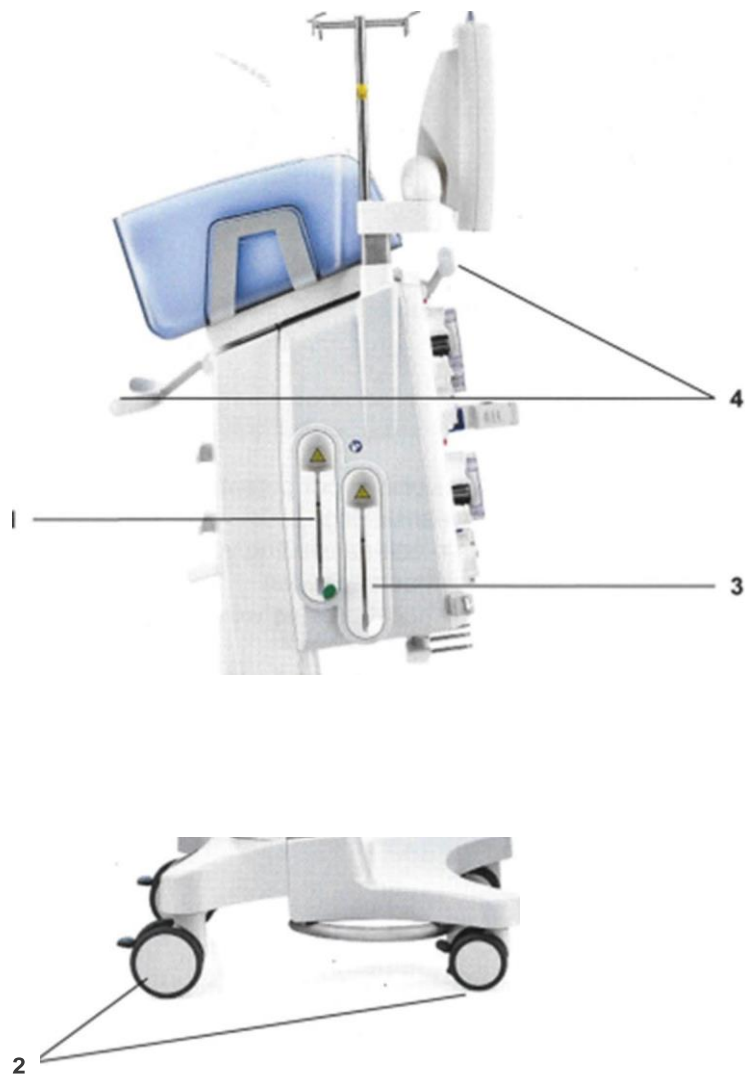
Aansluitingen



Legenda

- 1 Aansluiting voor potentiaalvereffening
- 2 Netaansluiting
- 3 Luer-lock-aansluiting voor handmatig openen van de drukmeeteenheden
- 4 LAN (local area network) netwerkverbinding
- 5 Oproepsysteem
- 6 RS 232 interface 1 voor seriële communicatie met 5 V elektrische spanning
- 7 RS 232 interface 2 voor seriële communicatie
- 8 Service-interface (alleen voor technisch servicepersoneel)
- 9 Hoofdschakelaar

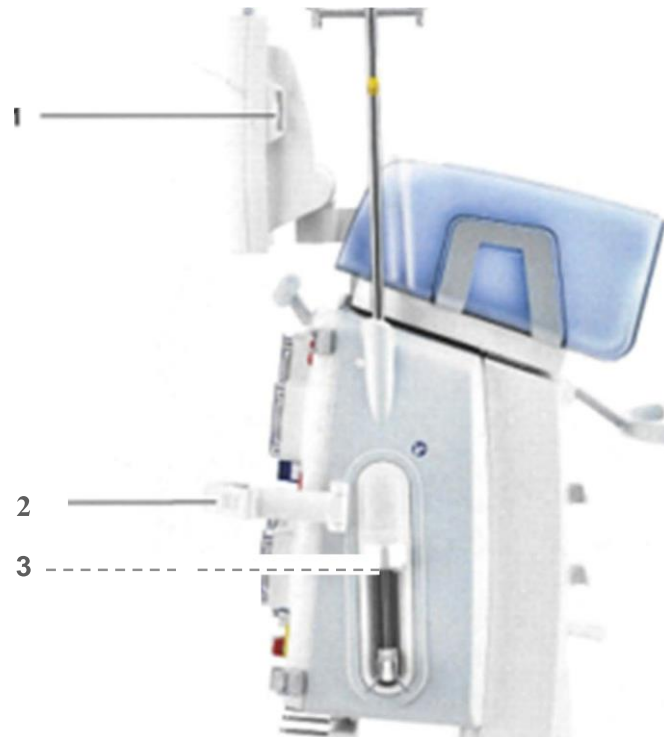
Zijaanzicht links



Legenda

- 1 Verwarming (groen)
- 2 Wielen met rem
- 3 Verwarming (wit)
- 4 Handgrepen

Zijaanzicht rechts



Linkerzijde

- 1 Kaartopening
- 2 Filterhouder
- 3 Heparinepomp

Bevoegdheden

De intensivisten:

- Indicatiestelling voor continue nierfunctievervangende therapie (CNVT)
- Inbrengen dialysekatheter
- Bepalen en vastleggen van het voorschrift van de behandeling: modus en dosis
- Verantwoordelijk voor het anticiperen op afwijkende waarden tijdens de behandeling

De (leerling)intensive care-verpleegkundige en CVVHD-superuser:

- Het opbouwen van de machine
- Instellen van de machine op basis van de voorschriften van de arts
- Het aan- en afsluiten van de patiënt
- Laboratoriumafnames volgens protocol
- Aanpassen van de citraat- en calciumdosis o.b.v. laboratoriumuitslagen en dosisschema's

Inleiding

Nierfalen treedt frequent op bij de vitaal bedreigde patiënt. Dit kan zijn bij een preëxistent al gecompromitteerde nierfunctie (acuut op chronische nierfunctiestoornissen) of bij een pre-existent normale nierfunctie. De term hiervoor is AKI (acute kidney injury). De term ATN (acute tubulus necrose) wordt niet meer gebruikt, gezien AKI slechts in een zeer beperkt aantal gevallen veroorzaakt wordt door tubulus ischemie, maar meer door een grote variëteit aan andere factoren.

Algemeen principe CVVHD

Bij CVVHD wordt uitscheiding van stoffen bewerkstelligd door diffusie. Bloed wordt door het filter geleid en hierlangs stroomt dialyse vloeistof. Elektrolyten en afvalstoffen volgen de concentratiegradiënt over het semipermeabel membraan. Er wordt dus gewerkt met dialysaatvloeistof in tegenstelling tot substitutievloeistof zoals bij CVVHDF. In de dialysaatvloeistof kunnen verschillende concentraties Kalium zitten (2 versus 4 mmol/L). Er wordt antistolling gegeven ter preventie van stolling van het CVVHD-filter, hiervoor zijn verschillende methodes beschikbaar: citraat, heparine en overige antistolling. Citraatantistolling (zie onder) heeft verreweg de voorkeur boven de andere methoden van antistolling. Enkel in geval van een contra-indicatie voor deze vorm van antistolling wordt een alternatief gekozen.

Indicaties

Onderstaande indicaties zijn gebaseerd op de NVIC Richtlijn:

Absolute indicaties

Start bij patiënten met AKI direct met CNVT in geval van levensbedreigende aan AKI gerelateerde verstoringen van vocht- en elektrolyt huishouding, en het zuur-base evenwicht.

Relatieve indicaties

Overweeg om CNVT te beginnen als de patiënt, ondanks optimalisatie van de circulatie en andere ondersteunende maatregelen, AKI heeft en een

- persisterende AKI gerelateerde metabole ontregeling en/of
- ernstige overvulling met diuretica-resistente oligurie

waarbij naar verwachting uremische complicaties en orgaanschade zullen ontstaan en het er niet naar uitziet dat de nierfunctie snel zal herstellen.

Zie af van CNVT als

- AKI mild is (weinig metabole ontregeling) en waarschijnlijk voorbijgaand omdat de uitlokkende factor voor AKI is verdwenen.
- de behandeling naar verwachting geen meerwaarde heeft

Timing van start nierfunctievervangende therapie

Wat het ideale tijdstip is om een CNVT behandeling te starten is niet duidelijk, ondanks de gepubliceerde studies over dit onderwerp (ELAIN en AKIKI trials). Er lijkt geen voordeel te zijn van vroeg starten met nierfunctievervangende therapie. In de huidige praktijk is die beslissing dan ook gebaseerd op de bredere klinische context van de IC-patiënt in ogenschouw nemend kenmerken zoals volume overload, hyperkaliëmie, ernstige metabole acidose en uremie. Bij afwezigheid van deze factoren moet van CNVT worden afgezien, in afwachting van spontaan herstel van diurese en daarmee de nierfunctie. Dit omdat enkele trials laten zien dat, in de context van afwezigheid van absolute indicaties zoals hierboven benoemd, het zelfs beter zou zijn om te wachten.

Nierfunctiebepaling met behulp van creatinine

Over het algemeen wordt de nierfunctie gemonitord aan de hand van het serum creatinine. Dit spieraafbraak product wordt grotendeels door passieve filtratie uitgescheiden en na glomerulaire filtratie beperkt geresorbeerd. Het is daarom een maat voor de glomerulaire filtratie snelheid die met behulp van formules berekend kan worden.

Echter is het serum creatinine ook afhankelijk van de hoeveelheid spiermassa; dit houdt in dat het bij zeer gespierde mensen een onderschatting van de nierfunctie geeft en bij cachectische mensen een overschatting.

Met name bij spiercelverlies bij een langdurige IC opname is de berekende GFR welke het laboratorium publiceert niet meer een betrouwbare maat voor de echte nierfunctie.

Daarnaast stijgt het serum creatinine vaak pas laat bij verslechtering van de nierfunctie. Dus bij een verhoogd serum creatinine is er al sprake van een significante verslechtering van de nierfunctie. De absolute waarde van het creatinine zegt weinig over de zeer recente nierfunctie; belangrijk is om een trend te vervolgen.

Diurese zegt niets over nierfunctie, hiervoor is ook concentratie nodig. Een non-oligurie AKI (wel plassen, maar niet klaren) komt regelmatig voor. Daarentegen zeggen aanhoudende oligurie en zeker anurie wel iets over het ontbreken van nierfunctie.

Nierfunctiebepaling met behulp van ureum

Ureum wordt als een maat voor de nierfunctie gezien, maar het serum ureum wordt door meerdere factoren beïnvloed. Zo wordt het na filtratie grotendeels geresorbeerd. Ook stijgt het serum ureum bij bijvoorbeeld hoge gastro-intestinale bloedingen, zonder dat dit hoeft te beduiden dat de nierfunctie verslechtert. Een sterk verhoogd ureum kan onder andere een bewustzijns stoornis veroorzaken. Bij welke waarde dit gebeurt, verschilt sterk tussen patiënten.

Nierfunctiebepaling op basis van urine analyse

Bij verlies van spiermassa is het bepalen van de klaring op basis van de uitscheiding van creatinine in de urine een betrouwbaardere meting dan het serum creatinine. Bij voorkeur wordt de klaring berekend op de urine-uitscheiding in 24 uur. Een alternatief is om de hoeveelheid urine die bijvoorbeeld in 4 of 6 uur geproduceerd wordt te verzamelen en dan dit volume met respectievelijk 6 of 4 te vermenigvuldigen om een indruk te krijgen van de uitscheiding van urine in 24 uur.

Oorzaken van AKI

AKI komt zowel buiten als op de IC frequent voor.

Op de IC is shock veruit de meest voorkomende oorzaak van AKI. Oligurie is een vroege aanwijzing dat er shock ontstaat. Duiding en correctie van die onderliggende shock zijn essentieel voor nierfunctie herstel. Bij de correctie van shock past men bij voorkeur goal directed therapy toe. Alhoewel urineproductie een van de goals voor herstel van shock is, soms zal in de eerste fase van AKI (vooral bij septische shock) de urineproductie niet snel verbeteren. De hemodynamisch geoptimaliseerde patiënt kan oliguur blijven. In dergelijke gevallen kan verdere volumebelasting leiden tot verdere nierfunctie verslechtering door een hogere afterload van de nier.

Andere oorzaken voor AKI zijn onder andere gebruik van medicatie, contrastmiddel, bepaalde infecties etc. Een differentiële diagnose met prerenale, renale en postrenale oorzaken moet altijd overwogen worden en indien mogelijk behandeld of verbeterd.

Hemodialyse

Hemodialyse maakt gebruik van het principe van diffusie in combinatie met een semipermeabel membraan van het filter om opgeloste stoffen van de zijde met hoge concentratie (bloed) te verplaatsen naar de zijde met lage concentratie (dialysaat). In combinatie met het tegenstroomprincipe leidt dit tot efficiënte klaring van relatief kleine stoffen wanneer het dialysaat continu wordt verversd (Fig. 2). Aangezien hemodialyse afhankelijk is van diffusie, neemt de klaring voor stoffen met een hoger molecuulgewicht snel af.

Hemofiltratie

In tegenstelling tot hemodialyse waarbij het concentratieverschil de drijvende kracht is, wordt bij hemofiltratie gebruik gemaakt van het drukverschil over het semipermeabele membraan om stoffen hierover te verplaatsen. Dit proces wordt convectie genoemd en aangezien door het drukverschil zowel water als opgeloste stoffen verplaatst worden, is het nodig om dit vocht te vervangen middels substitutievloeistof. Afhankelijk van de gewenste doelen kan gekozen worden voor pre-filter substitutie ('predilutie') en/of post-filter substitutie ('postdilutie')

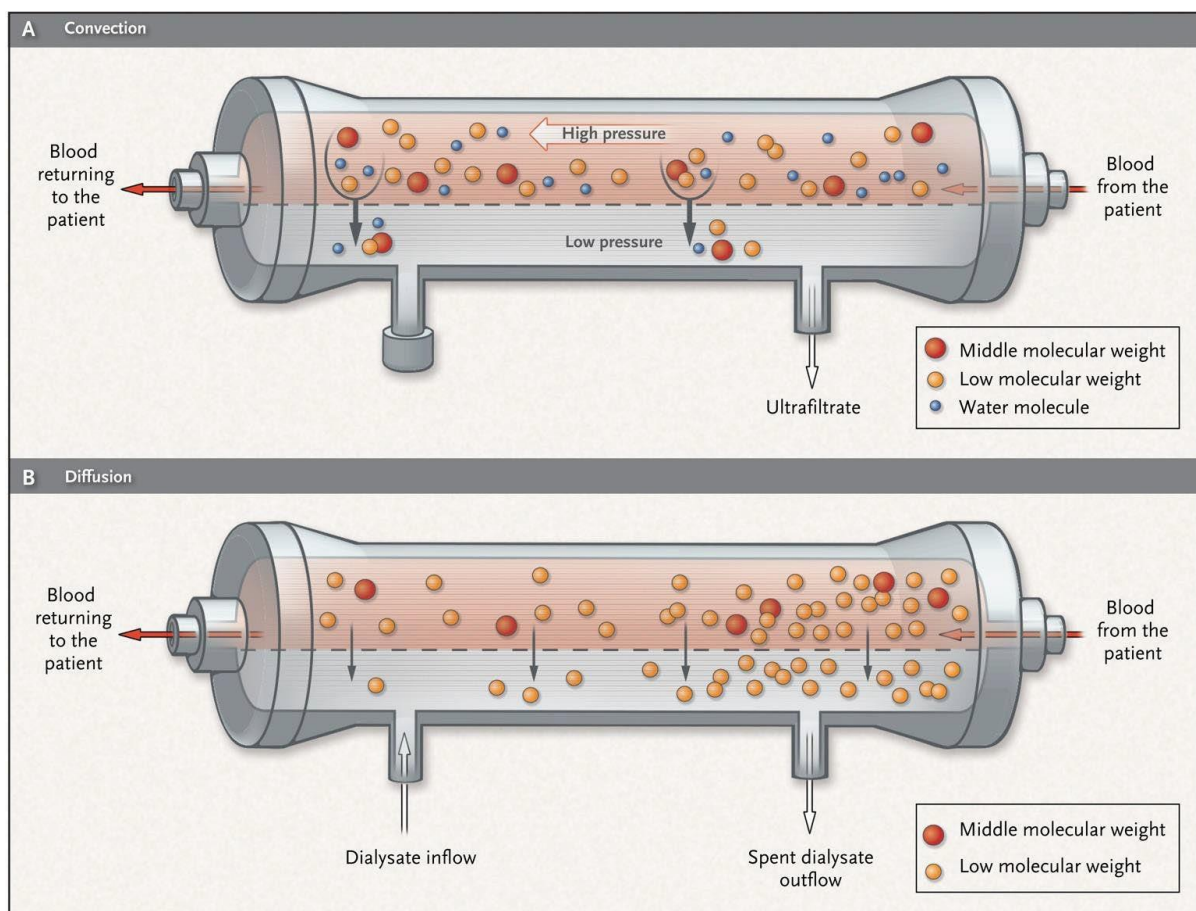


Fig. 2 Convectie vs. Diffusie. Uit: Tolwani 2012 (6)

Continue venoveneuze hemodialyse en/of hemodiafiltratie

Er ontbreekt op dit moment overtuigend bewijs dat een gekozen modaliteit (continu vs intermitterend, hemodialyse vs hemofiltratie) superieur is. Om praktische redenen wordt op Nederlands Intensive Care's meestal gekozen voor continue nierfunctievervangende therapie (CNVT). Van oudsher werd in de meeste IC's hemofiltratie gekozen, met name door de betere klaring van middelgrote moleculen o.b.v. convectie bij gebruik van hetzelfde filter, hetgeen een theoretisch voordeel zou kunnen hebben bij sepsis. In afwezigheid van studies die dit effect hebben aangetoond, en de praktische voordelen van continue venoveneuze hemodialyse (CVVHD) met geïntegreerde citraatantistolling en calciumsubstitutie en goede circuit overleving bij lagere bloedflows, is gekozen voor deze vorm van nierfunctievervangende therapie op de intensive care afdeling Elkerliek Ziekenhuis Helmond. In specifieke gevallen kan dit gecombineerd worden met hemofiltratie (continue venoveneuze hemodiafiltratie, CVVHDF) of overgegaan worden op een andere (of geen) vorm van antistolling met de Fresenius multiFiltratePRO. In het Elkerliek Ziekenhuis hebben we gekozen om alleen CVVHD te doen. De Kit voor CVVHDF is dan ook niet in huis.

Bij continue nierfunctievervangende therapie wordt gebruikt gemaakt van een hemofilter (kunstnier) bestaande uit semipermeabele capillairen (Fig. 3) met een bloed- en effluentzijde. Bij hemodialyse vindt in beperkte mate ook hemofiltratie plaats om overtollig vocht te kunnen onttrekken van de patiënt. Het effluent wordt vervolgens opgevangen in een filtraatzak.

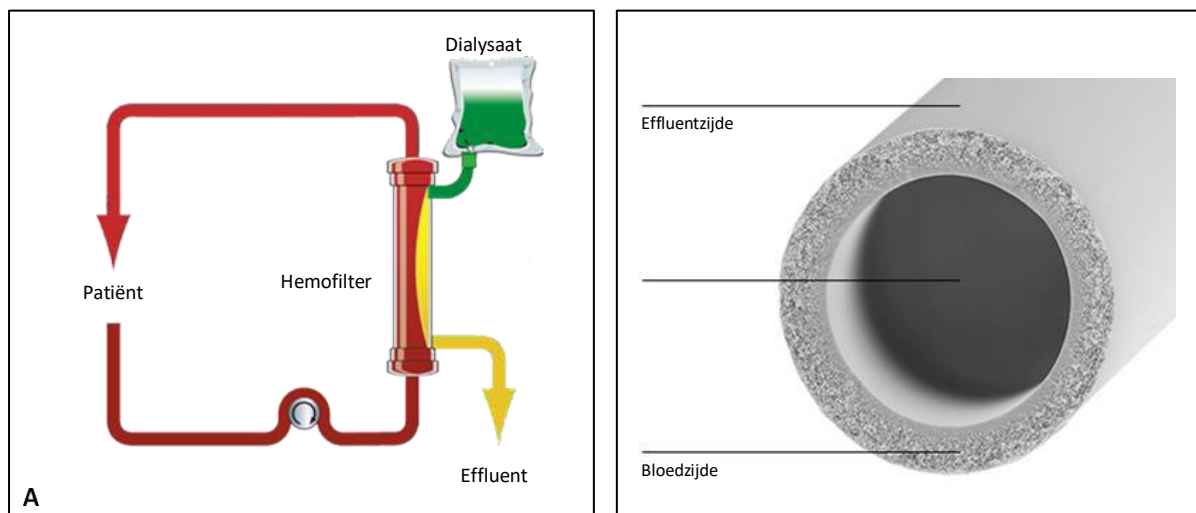


Fig 3. CVVHD Circuit. A: Schematische weergave van CVVHD circuit met hemofilter, dialysaat, effluent en bloedbaan. **B:** Capillair met semipermeabel membraan.

Antistolling

Hoewel de moderne polysulfon hemofilters betere biocompatibiliteit hebben, is voor een lange overleving van het circuit (max. 72 uur) een vorm van antistolling noodzakelijk. Op basis van klinisch onderzoek waarbij vergeleken werd met heparine geeft behandeling met regionale citraat antistolling (RCA) een lagere kans op bloedingen bij een betere filteroverleving. Tenzij er sprake is van een harde contra-indicatie wordt, zelfs indien er reeds een indicatie bestaat voor systemische antistolling, gebruik gemaakt van RCA.

Regionale citraatantistolling

Het werkingsmechanisme van RCA is gebaseerd op de vorming van citraat- calciumcomplexen in het bloed. Aangezien calcium een belangrijke rol speelt in de stollingscascade (Fig. 4), wordt de stollingscascade reeds gedeeltelijk geremd bij een geïoniseerde calcium (normaalwaarde: 1.0 - 1.1 mmol/l) van 0.5 mmol/l en bij een concentratie van 0.3 mmol/l volledig geremd.

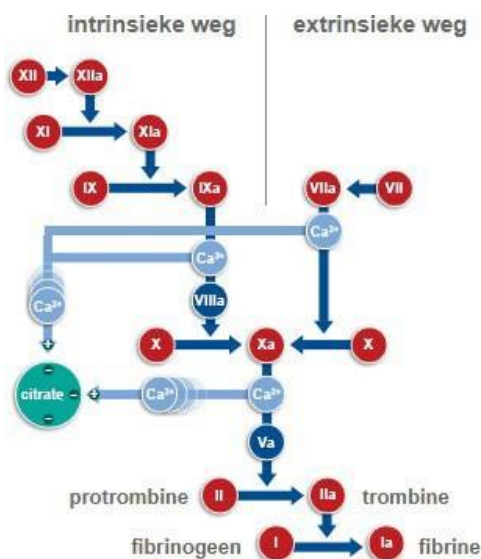
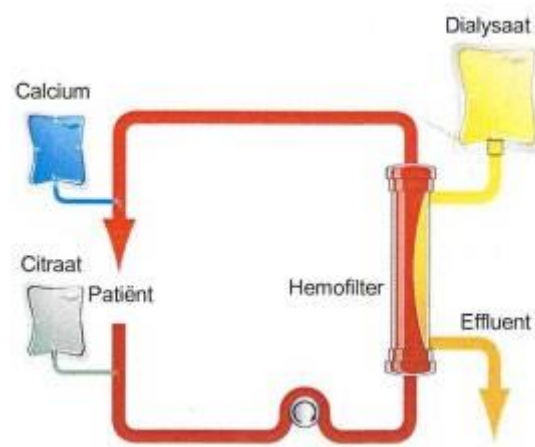


Fig 4. Citraat en stollingscascade. Citraat remt de calciumafhankelijke stollingsfactoren door vorming van citraat-calciumcomplexen.

Door citraat aan het begin van het extracorporele circuit toe te voegen (pre-filter), zal het geïoniseerd calcium dalen en de stolling worden geremd. Een deel van de gevormde calciumcitraatcomplexen zullen vervolgens gedialyseerd en/of gefiltreerd worden en het restant zal de systemische circulatie bereiken. Gezien het verlies van de calciumcitraatcomplexen in de effluent zal calcium gesubstitueerd moeten worden om ernstige hypocalciëmie te voorkomen. RCA gaat daarmee altijd gepaard met calciumsubstitutie. Hoewel eerdere systemen van RCA en calciumsubstitutie gebruik maakten van reguliere pompen die apart bediend moesten worden, of waarbij citraat onderdeel is van de substitutievloeistof, bestaat sinds enkele jaren de mogelijkheid om citraat- en calciumtoediening volledig geïntegreerd met het extracorporele systeem toe te dienen, waarbij de toediening van citraat en calcium gekoppeld is aan de bloed- en effluentflow. Fresenius noemt dit systeem: Ci-Ca (Fig. 5). Dit geïntegreerde systeem is beschikbaar voor CVVHD en post-filter CVVHDF.



Ci-Ca CVVHD

Fig. 5. Schematische weergave van Ci-Ca CVVHD. Zowel de toediening van citraat (pre-filter) als calcium (post-filter) zijn geïntegreerd in het extracorporele circuit.

Citraat en zuurbase-effecten

Naast het effect op de antistolling door vorming van calciumcitraatcomplexen, heeft trinitriumcitraat effecten op het zuurbase evenwicht.

Citraataccumulatie

Voor het filter wordt tri-natrium-citraat geïnfundeerd wat het vrije calcium bindt.

Dit vrije calcium (geïoniseerde calcium) is een klein deel van het totale calcium dat zich in ons lichaam bevindt.

Slechts 1% van ons calcium bevindt zich in de bloedbaan, het extracellulaire calcium. Hiervan is 40% gebonden aan albumine en 5-10% aan andere anionen.

Van het extracellulaire calcium is 50% niet gebonden aan het albumine of andere anionen, dit is het vrije of geïoniseerde calcium (Ca^{2+}).

Het vrije of geïoniseerde calcium speelt in verschillende stappen van de stollingscascade een rol.

Het citraat, dat voor het filter wordt gegeven, veroorzaakt aldaar een diepe hypocalciëmie, het bindt het geïoniseerde calcium waardoor stolling niet kan worden geactiveerd. Er is dus geen stollingsactivatie in het extracorporele circuit. Met het ultraftraat komt een deel van het citraat (met daaraan gebonden calcium) in het ultraftraat terecht. Een ander deel komt in de bloedbaan van de patiënt, hier wordt het direct gemetaboliseerd door onder andere de lever en de spieren. Citraat wordt in de citroenzuursyclus omgezet, hierbij wordt bicarbonaat gevormd. Op deze manier heeft citraat een bufferfunctie.

Voorwaarde voor het proces van metabolisatie is dat er een goede circulatie van lever en spieren moet zijn, omdat anders de omzetting van citraat afneemt en een acidose ontstaat.

Het vrije calcium komt bij het proces van metabolisatie ook weer in de circulatie. Daarnaast wordt extra calcium gesuppleerd via de substitutievloeistof, die meestal calciumhoudend is.

Metabole acidose

De belangrijkste complicatie is een citraatintoxicatie met een metabole acidose. De zuurbase balans is hierbij afhankelijk van de opname en omzetting (metabolisme) van citraat.

Bij onvoldoende metabolisatie van het citraat zal er een metabole acidose ontstaan omdat citraat een zuur is. De systemische concentratie van citraat kan te hoog worden als de omzetting hiervan onvoldoende is. Citraat vangt het geïoniseerde calcium (Ca^{2+}) weg waardoor de Ca^{2+} concentratie in het bloed daalt. De verhouding (ratio) van het totale calcium/ Ca^{2+} stijgt. Een normale ratio blijft ongeveer tussen de 2,0 en 2,3. Wanneer de verhouding boven 2,4 komt (het Ca^{2+} gemeten in de bloedgas daalt ten opzichte van het totale calcium uit de serum bepaling) kan er sprake zijn van een onvermogen van het lichaam om het citraat te metaboliseren. Er ontstaat een metabole acidose doordat citraat niet als buffer wordt gebruikt, niet in bicarbonaat wordt omgezet, terwijl er wel bicarbonaat met ultrafiltratie verdwijnt. De kans is groot dat ook lactaat accumuleert.

De anion gap stijgt, ($\text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$) als uiting van de toename van geïoniseerd citraat. Bij een ernstige citraatintoxicatie moet calcium worden gesuppleerd en er moet meer gebufferde substitutievloeistof gegeven worden, je moet dan de citraat dosering verlagen of stoppen (Figuur 2). Samenvattend wordt bij een citraatintoxicatie een metabole acidose en een verhoogde calcium ratio ($>2,4$) gezien.

$$\text{Calcium-ratio} = \frac{\text{Ca}_{\text{totaal}}}{\text{Ca}_{\text{ion}}}$$

Naast de progressieve metabole acidose doordat de acidose niet gecorrigeerd wordt tijdens de behandeling door de aanwezigheid van de citraatcomplexen, zijn de belangrijkste gevolgen van citraataccumulatie gerelateerd aan het negatieve inotrope effect van ernstige hypocalciëmie: hypotensie, progressieve shock tot uiteindelijk circulatoir arrest.

Metabole alkalose

De systemische citraatconcentratie kan ook te hoog worden als de filtraatflow te veel daalt en er hierdoor te weinig citraat wordt gefilterd. Dan zal er een metabole alkalose ontstaan, doordat dit aanbod van citraat in bicarbonaat (HCO_3^-) wordt omgezet.

1 Citraat = 3 Bicarbonaat

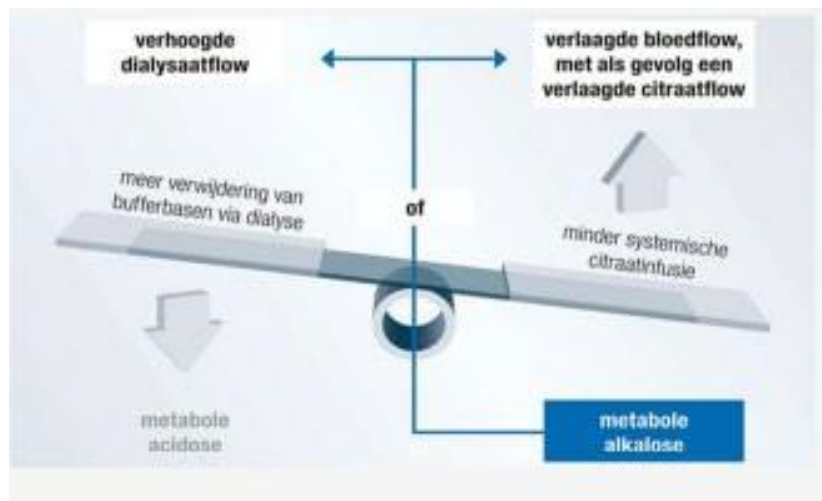
Om deze metabole ontregeling te voorkomen, is het advies om bij blijvend teruglopen van de filtraatflow tot minder dan 2000 ml/u het systeem/filter te vervangen.

Denk bij een progressieve metabole alkalose tijdens CiCa CVVHD dus evt. aan het falen van de kunstnier. Een andere oorzaak van een metabole alkalose kan zijn dat er teveel citraat wordt geïnfundeerd.

Correctie van zuur-base evenwicht tijdens CVVHD



Om metabole acidose te corrigeren kan gekozen worden voor een verlaging van de dialysaatflow (links), door minder verwijdering van bufferbasen via dialyse zal de pH stijgen of verhoging van de bloedflow (rechts), door meer systemische citraatinfusie zal de pH stijgen.



Om metabole alkalose te corrigeren kan gekozen worden voor een verhoging van de dialysaatflow (links), door meer verwijdering van bufferbasen via dialyse zal de pH dalen of verlaging van de bloedflow (rechts), door minder systemische citraatinfusie zal de pH dalen.

Hypocalciëmie

Hypocalciëmie kan ontstaan als gevolg van verlies van citraatgebonden calcium in het ultrafiltraat (totaal calcium is laag en geïoniseerd calcium is laag) of wanneer er verhoogde citraatspiegels zijn in het perifere bloed als gevolg van verminderde omzetting door lever en spieren (geïoniseerd calcium is laag, totaal calcium hoog).

Zodra het geïoniseerd calcium daalt, dient er extra gesuppleerd te worden, echter wees alert op een citraatintoxicatie, indien er ook sprake is van een metabole acidose

Contra indicaties

De belangrijkste reden om terughoudend te zijn met het toepassen van de normale dosering RCA, is een grote kans op het optreden van citraataccumulatie. Voor een adequate metabolisering van citraat via de citroenzuurcyclus is zuurstof in mitochondriën van lever, spier en nier nodig. Bij leverfalen en/of diepe shock met lactatacidose (lactaat ≥ 5 mmol/L) zal het citraat derhalve niet of onvoldoende omgezet kunnen worden.

Relatieve contra-indicaties:

- Refractaire shock met hyperlactatemie (lactaat ≥ 5 mmol/L)
- Ernstig leverlijden, bv levercirrose.

In deze gevallen zijn er drie alternatieven:

1. multiBic CVVHD met een lage dosis heparine (5 EH/kg/uur); dus zonder Ci-Ca.
2. multiBic CVVHD zonder antistolling (bij harde contra-indicatie systemische antistolling) en optie 1 ook niet mogelijk is.
3. Ci-Ca CVVHD met een gereduceerde citraatdosis: van 4.0 naar 2.0 mmol/l bloed.

De gereduceerde citraatdosis van 2.0 mmol/l bloed heeft doordat er minder buffer aanbod is niet de voorkeur, maar kan overwogen worden bij een harde contra-indicatie voor antistolling en het frequent falen van het circuit.

Door de wijze van opbouwen van de machine, kan overigens relatief eenvoudig overgegaan worden van Ci-Ca CVVHD naar multiBic CVVHD en vice versa. Bij klinisch herstel waarbij het lactaat dalende is ten gevolge van herstel van circulatie of leverfunctie, dient overwogen de multiBic CVVHD om te zetten in Ci-Ca CVVHD.

Heparine

Indien er contra-indicaties bestaan voor het toepassen van RCA wordt heparine toegediend. Indien CVVHD de enige indicatie is om antistolling te geven, is de dosis

5 EH/kg/uur toegediend pre-filter waarbij streef APTT ≤ 45 s. De profylactische dosering Dalteparine conform het protocol tromboseprofylaxe wordt in dit geval gecontinueerd.

Indien er tijdens behandeling met heparine een HITT ontstaat dient heparine gestaakt te worden en de gehele set vervangen te worden.

Speciale indicaties

Intoxicaties en ernstige hyperkaliëmie

Hoewel de onderliggende techniek van CVVHD op de IC in essentie hetzelfde is als intermitterende hemodialyse (iHD), is het voornaamste verschil de dosis. Bij CVVHD varieert de dialysaatflow van 27-67 ml/min. Bij intermitterende hemodialyse zijn dialysaatflows van 300-500 ml/min gebruikelijk. Bij ernstige intoxicaties met dialyseerbare medicamenten of ernstige hyperkaliëmie is intermitterende hemodialyse de behandeling van keuze door de bijbehorende hogere klaring en dient de patient in principe overgeplaatst te worden naar een dialysecentrum.

Rhabdomyolyse

Bij rhabdomyolyse is er sprake van afbraak en necrose van spierweefsel waarbij onder andere grote hoeveelheden myoglobine en kalium vrij kunnen komen. Myoglobine kan leiden tot AKI en bij massaal celverval kan hyperkaliëmie leiden tot levensbedreigende ritmestoornissen. In dit specifieke geval kan er voor een speciaal filter gekozen worden, n.l. de EMIC 2.

Staken van nierfunctievervangende therapie

Er is onvoldoende bewijs om het precieze moment te bepalen waarom de behandeling met nierfunctievervangende therapie gestaakt kan worden. Indien er aanwijzingen zijn voor herstel van de nierfunctie, zoals spontane toename van de diurese of beperkte toename van kreatinine na tijdelijke onderbreking van de behandeling, kan overwogen worden om de behandeling te staken en/of niet te hervatten. Aangezien de fabrikant een maximale gebruiksduur van een opgebouwd circuit voorschrijft voor 72 uur, wordt het onderbreken van de behandeling in praktijk vaak gebruikt om te evalueren of de behandeling definitief gestaakt kan worden.

Complicaties

Naast kathetergerelateerde problemen (trombose, sepsis, luchtembolie) hangen de potentiële complicaties van CVVHD samen met verwachte veranderingen in elektrolyten (hypocalciëmie, hypokaliëmie, hypofosfatemie, hypomagnesiëmie) en potentieel hypothermie.

Falende kunstnier: metabole alkalose en/of hypernatriëmie

In tegenstelling tot de situatie bij CVVH zal bij CVVHD een minder goed functionerende kunstnier door een zogenaamde *second membrane* ('eiwitcake') nauwelijks leiden tot stijging van de transmembraandruk, omdat er slechts kleine hoeveelheden vloeistof getransporteerd worden over het membraan, namelijk alleen voor de gewenste vochtbalans. Aangezien calciumcitraat een hogere molecuulmassa heeft dan de standaard gemeten elektrolyten en metabolieten zal een minder goed functionerende kunstnier op kunnen vallen doordat minder calciumcitraatcomplexen verwijderd worden: de patiënt ontwikkelt een metabole alkalose doordat meer buffer beschikbaar blijft. Bij verdere achteruitgang van de kunstnierfunctie kan er een uitgesproken hypernatriëmie optreden, indien het falen van de kunstnier niet wordt herkend.

De mate waarin het filter functioneert kan vastgesteld worden d.m.v. de ureumratio:

$$\text{Ureum-ratio} = \frac{\text{Ureum}_{\text{effluent}}}{\text{Ureum}_{\text{bloed}}}$$

Bij een goed functionerend filter is de ureum-ratio 1. Bij een ureum-ratio < 0.8 dient door de afgenomen efficiency het circuit vervangen te worden. Indien de ureum-ratio ≥ 0.8 is, kan de metabole alkalose gecorrigeerd worden door de dialysaatflow te verhogen, waardoor meer citraat verwijderd wordt óf door de bloedflow te verlagen, waardoor minder citraat wordt toegediend; bloedflow en citraatflow zijn immers gekoppeld om de ingestelde citraat- concentratie te behalen t.b.v. regionale antistolling

DE MULTIFILTRATEPRO

MENU

Gebaseerd op de award-winnende 5008 CorDiax

red dot design award

Duidelijke weergave eerstvolgende actie, bijvoorbeeld "wissel dialysaatzak"

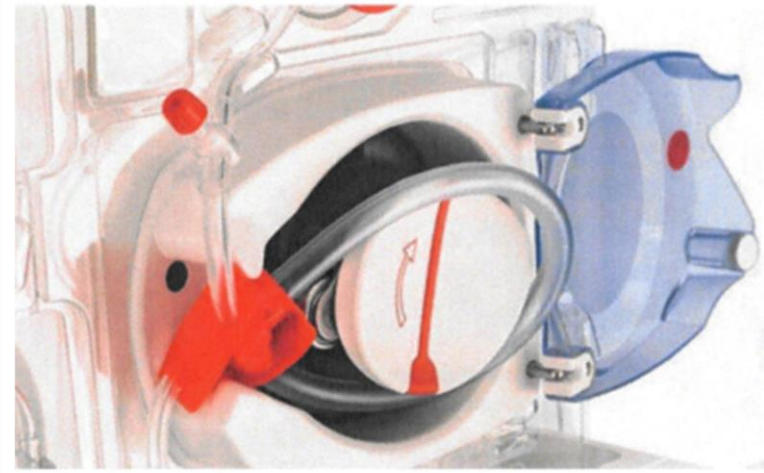
De processtappen van links naar rechts



KIT

72 uur onafgebroken CRRT met dezelfde Kit

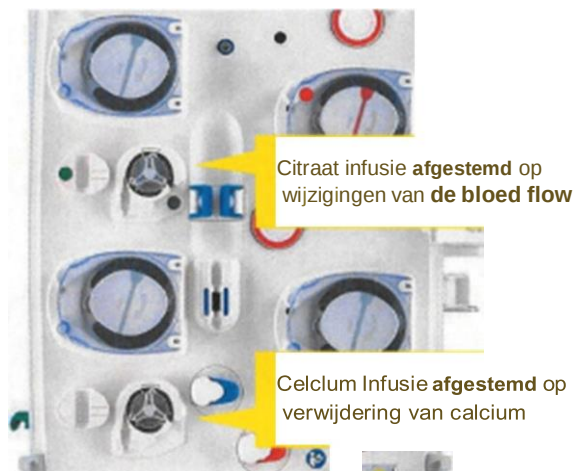
72h



■ VERWARMING



GEINTEGREERDE CITRAATANTISTOLLING



■ SECUNECT CITRAAT & CALCIUM



■ SECUNECT CITRAAT & CALCIUM



■ GEINTEGREERDE LIJNEN



BiJ ompolen van de hJnen:
geen vergissing mogehJk

1 REGIONALE ANTISTOLLING OP MAAT

Calcium dosis

c.: aanpassing van de
calcium balans

Citraat dosis

r: aanpassing van de
regionale ant.stolling



regionaal = CAIF		Ci-Ca® CVVHD	systemisch = BGA patiënt	
Postfilter geïoniseerd calcium (mmol/l)	Wijziging van de citraatdosis (citraat/bloed)		Systemisch geïoniseerd calcium (mmol/l)	Wijziging van de calciumdosis (calcium/filtraat)
> 0.40	Verhogen met 0,2 mmol/l en de arts informeren		> 1.35	Verlagen met 0,4 mmol/l en de arts informeren
0.35–0.40	Verhogen met 0,1 mmol/l		1.21–1.35	Verlagen met 0,2 mmol/l
0.25–0.34	Geen wijziging (doelbereik)		1.12–1.20	Geen wijziging (doelbereik)
0.20–0.24	Verlagen met 0,1 mmol/l		1.00–1.11	Verhogen met 0,2 mmol/l
< 0.20	Verlaag met 0,2 mmol/l en de arts informeren		< 1.00	Verhogen met 0,4 mmol/l en informeer de arts

Kies voor <i>opname</i> - of <i>huidig</i> gewicht i.o.m. arts	Behandel klasse	Dialysaatflow ml/uur	Bloedflow ml/min
40–60 kg	A	1600	80
61–80 kg	B	2000	100
81–100 kg	C	2600	130
101 – 120 kg	D	3000	150
>120	E	3600	180
Alleen voor ophogen effectiviteit	F	3800	190
Alleen voor ophogen effectiviteit	G	4000	200
Calciumdosis 1,7 mmol/l per liter effluent (dialysaat + ultrafiltraat) Citraatdosis 4,0 mmol/l per liter bloed			

■ VUISTREGEL CI-CA CVVHD

1:20

Bloedflow –
Dialysaatflow

Bijvoorbeeld:

100 ml/min – 2000 ml/hr

150 ml/min – 3000 ml/hr

200 ml/min – 4000 ml/hr

10%

→ 2 mmol/l

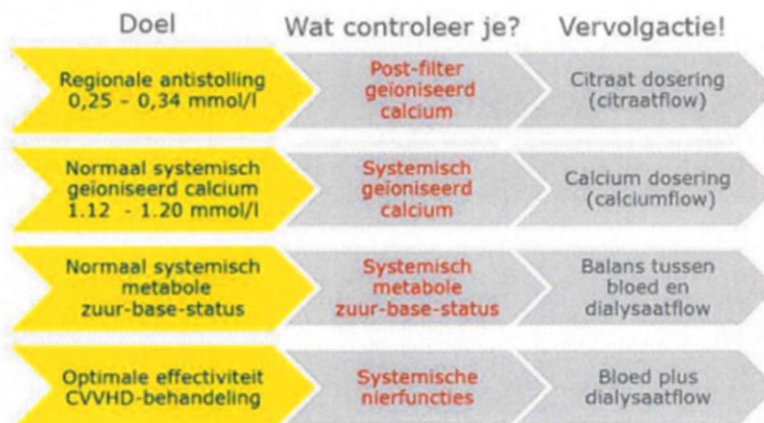
Bijvoorbeeld:

110 ml/min – 2000 ml/hr

90 ml/min – 2000 ml/hr

100 ml/min – 2200 ml/hr

■ EENVOUDIG MONITOREN

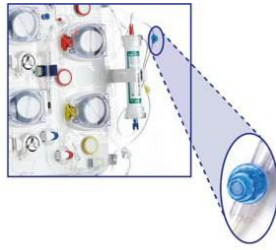


Kleuren betekenis in het beeldscherm van de multiFiltratePRO

- Groen = actief
- Blauw = keuzemogelijkheid
- Grijs = niet actief

Het opbouwen:

- **Volg de instructies nauwkeurig op; goed LEZEN!**
- Machine aanzeten (geduld, duurt even; ondertussen kun je de benodigdheden verzamelen)
- Machine altijd opbouwen met Citraat en Calcium, zonodig na aansluiten de CiCa uitzeten.
- Als je geen Citraat geeft bij uitzetten van de CiCa, MOET je een dialysaatwissel doen! De Ca vrije dialysaat moet vervangen worden door dialysaat met Ca en met meer bicarbonaat (MultiBic K2)
- Benodigdheden:
 - Multifiltrate PRO kit Ci-Ca HD 1000
 - Dialysaatvloeistof: Ci-Ca Dialysate K2. (4 zakken tegelijkertijd)
 - NaCl 0,9 % 1000 ml zak
 - Filtraatopvangzak
 - 1500 ml Natriumcitraat (Sodium Citrate 4%)
 - 1500 ml Caddera calciumchloride
- Start Functietest
- Bij de start van het opbouwen: CiCa CVVHD kiezen (niet “doorgaan” – dan ga je door met de oude behandeling- staat er ook; LEZEN!)
- Streepjescode van het pakket in de lengte op het filter plakken
- Tips/ trics:
 - Knijp wat lucht uit de verwarmingszak, dan is deze makkelijker te plaatsen
 - Fixatiestukken citraat en calciumpomp → let op het pompsegment
 - Drukdomes: vanaf de brede kant van de driehoek inschuiven
 - Bij het aansluiten van de Dialysaat zakken de luchtbel niet wegkloppen, hier houdt het apparaat rekening mee. (anders vult de luchtkamer zich niet voldoende)
 - Tijdens de behandeling, bij het verwisselen van de Citraat- of Calciumzak, na het breken van de conus de luchtbel zoveel mogelijk wegkloppen.
- Ci-Ca vloeistoffen:
 - 1500 ml Caddera calciumchloride 100 mmol/L – wite aansluiting
 - 1500 ml Citraat 136 mmol/L – groene aansluiting
 - Dialysaat (4x)
- Lees nauwkeurig en volg de instructies in het scherm!!
- 3 klemmen dichtzeten, bij de opmerking sluit alle niet gebruikte lijnen → 2 op veneuze luchtvangter en 1 op de aanvoerlijn
- Na het checken van de machine en dubbelcheck van de vloeistoffen ga je door met “OK”
- Als vullen is voltooid en je besluit de machine nog niet aan de patiënt te koppelen, kun je recirculeren. Dit mag max. 24 uur tot aansluiten (heeft wel effect op max. draaiduur van de filter 72 uur).
- Totale volume van opgebouwde set is 245 ml
- Verplaatsen van de machine: Machine niet uitzeten, ALLEEN stekker eruit!
- Machine heeft een accuduur van 15 minuten
- 5 Minuten na aansluiten “Check Ca postfilter” → bloed afnemen blauwe monsterpoort na het filter



- Alle zakwissels altijd uitvoeren met “zakwissel”, bevestigen als je klaar bent
 - **Citraat** en **Calcium** staan als shortcut op het behandelscherm
 - **Dialysaat** en legen van de **effluentzak** via menu's naar zakwissel
 - **Waarschuwing:** Als je de Effluentzak leegt zonder ‘zakwissel’ te gebruiken, dan kan de machine een onbalans meten. Bij > 500 ml onbalans gaat de machine in “einde behandeling”, je kunt dan niet meer door en moet afsluiten (bloed teruggeven is nog wel mogelijk)
 - NB: Indien de dialysaatzakken leeg zijn of de Filtraat/Effluentzak vol is, krijg je een melding en gaat de machine automatisch naar het zakwissel-scherm.
 - Indien Citraat of Calcium leeg zijn, gaat de machine niet automatisch naar zakwissel-scherm. Ga zelf naar “zakwissel”.
- Wanneer direct na *de eerste zakwissel* de melding *balansfout filtraatweegschaal* wordt weergegeven:
 - Drukt er iets op of tegen de filtraatzak
 - Is met het opbouwen de filtraatzak niet leeg geweest
- Zorgknop; Bloedflow gaat naar 40 ml/min voor 5 minuten/ 200 ml getransporteerd bloed.
- Tijd tot er een actie wordt verwacht
 - Rechts boven staat vanaf 2 uur tevoren de tijd tot de volgende actie
 - Ook zichtbaar op het tabblad achter de grafiek: “volgende bedieningsactie”
- Troubleshooting – bij alarmen de helpfunctie gebruiken: druk op “?” voor uitleg en oplossing
- Helderheid van het scherm en Geluidsniveau van de alarmen aanpassen:
 - Systeemparameters-basisinstelling-Geluidsvolume/ Helderheid scherm
- Recirculeren = behandelingsonderbreking **met** bloedteruggave
- Stroomstoring
 - Stekker uit het stopcontact halen
 - Behandeling stopt en bloedpomp loopt door, zeker 15 minuten
- Scherm “bevrozen”
 - Het “kleine schermpje” even vasthouden tot het scherm bevroest
 - Scherm komt bij een alarm weer ‘tot leven’ anders weer “het kleine schermpje” indrukken.
- Afsluiten
 - Met of zonder bloedteruggave, zie protocol
- Set verwijderen
 - Drukdomes loshalen
 - Laaghangen dialysaatzak om het verwarmingsdeel gemakkelijker te verwijderen
 - Als machine uitgezet is zonder de set eraf te halen: machine weer aanzeten

- i.p.v. het Heparineslot gaan we gebruik maken van een Citra-Lock 30% ten behoeve van het ophouden van de Dialyse catheter.

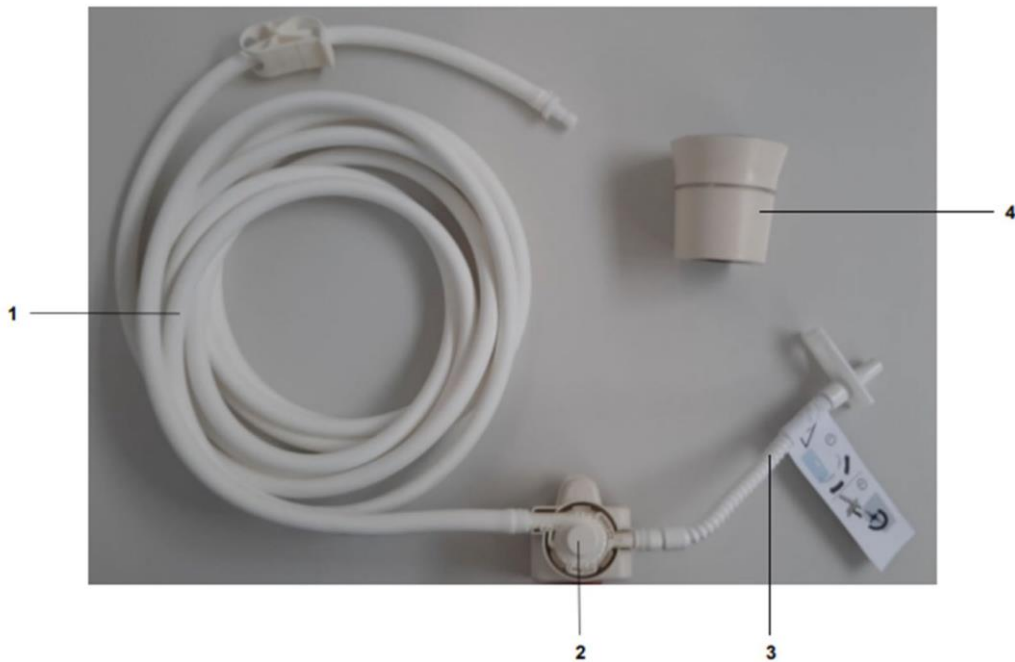
In elke poot van de Dialyse catheter, de gehele inhoud van de spuit (2,5 ml) inspuiten, onafhankelijk van de lengte van de Dialyse catheter in situ.



- **Bloedaanvraag HIX t.b.v. CNVT:** bovenste balk → behandelingen → orders CNVT

Het Multi-effluent afvoersysteem

Overzicht van het multiEffluent Emptying System-afvoersysteem



Legenda

- 1 Afvoerslang (lange slang)
- 2 Pompkop
- 3 Afvoerslang (korte slang met veiligheidslabel)
- 4 Pompaandrijving



Sluit de afvoerslang (korte slang) aan op de uitlaat van de filtraatzak



Koppel de filtraatlijn los van de filtraatzak.

Troubleshooting



Info

Bij alarmen kan je de helpfunctie gebruiken: druk op “?” voor uitleg en oplossing. De multiFiltratePRO geeft bij alarmen duidelijk via pop-up vensters in het display weer wat te doen

Volg zorgvuldig de instructies op van het scherm om de alarmen op te lossen.

Tips and tricks

- **Recirculeren** staat gelijk aan behandelingsonderbreking
- **Zijn de drukkoepels geblokkeerd**, dan kan m.b.v. een 50 ml spuit via een apart tussenstukje en de luer-lock-aansluiting achter in de machine lucht worden ingespoten waardoor de drukkoepels open gaan en naar buiten komen (het aparte tussenstukje bevindt zich in het opbergvak daaronder)
- **Bij fors negatieve toevoerdrukken** door bv. een vastgezogen katheter kan je de druk verlagen (d.w.z. minder negatief maken) via de knop “**Verminderen**” via het pop-up venster. Controleer goed; de bloedpomp gaat even de andere kant opdraaien! Indien er lucht in de aanvoerlijn zou zitten, pomp je dit de patiënt in. Druk op de bevestigingsknop en de bloedpomp draait langzaam de andere kant op, waardoor de katheter weer vrij komt te liggen van de vaatwand.
- Na een aantal meldingen van **schuim/microbelletjes, ontstaat een luchalarm**. Koppel de patiënt dan los, sluit de toevoer- en teruggave lijn op een 500ml NaCl 0.9% zak met luer-lock aan en recirculeer tot de lucht er uit is.
- **Niveau van de luchtvangter is te laag of te hoog**; dit kun je via “**Menu's**” doen en dan met de + het niveau te verhogen of met de - te verlagen (NB: geen spuitje op de luchtvangter gebruiken).
- **Niveau druppelkamer citraat/calcium alarm**, met een spuitje het niveau aanpassen (ophogen) tot tussen de lijnen.
 - **Niveau te hoog met alarm:**
 - Sluit de klem van de Citraat- of Calciumzak. Druppelkamer uit de houder en op de kop houden, iets vloeistof eruit halen met een spuitje, terug in de houder plaatsen en een klein beetje lucht door middel van spuitje inspuiten (i.v.m. aanwezigheid vacuüm in de druppelkamer), klem op druppelkamer weer sluiten. Verwijder het spuitje en plaats het dopje terug op de druppelkamer en open de klem van de Citraat- of Calcium zak.
 - **Niveau te laag met alarm:**
 - Sluit de klem van de Citraat- of Calciumzak. Sluit vervolgens de klem op de betreffende druppelkamer. Draai dopje op de druppelkamer los en plaats een spuitje op de druppelkamer. Open dan de klem op de druppelkamer, aspireer voorzichtig overtollig lucht tot niveau in de druppelkamer correct tussen de lijnen van de houder staat. Verwijder het spuitje en sluit de klem op de druppelkamer, plaats het dopje weer op de druppelkamer en open de klem van de Citraat- of Calciumzak.

- **Druppelkamer citraat/calcium detecteert geen druppels:** dit treedt frequent op na zakwissel, doordat lucht vanuit een lege zak in de citraat-/calciumlijn komt. Alarm eenmalig wegdrukken, wachten totdat druppels weer vallen.
- Bij **rhabdomyolyse of hemolyse** kan verkleuring van het filtraat optreden waarop het apparaat mogelijk een foutief **bloedlek-alarm** kan geven. Indien er echt sprake is van een **bloedlek** is het filter defect en moet de CVVHD sessie worden afgesloten.
- Indien **het beeldscherm uitvalt** (wordt donker, geen bediening meer mogelijk), moet het bloed handmatig worden teruggegeven m.b.v. een slinger die geïntegreerd is met de bloedpomp. Druk op de toets **“Pompen stop”** om de pompen te stoppen. Verbind de toevoerlijn met een 1 liter NaCl 0.9% zak met luer-lock, verwijder de toevoer- en teruggave lijn uit de lijnklemmen. Geef het bloed terug aan de patiënt door de rode slinger van bloedpomp met de klok mee te draaien (zie pijl op de bloedpomp).
- Leg de **dialysaatzakken** laag, nadat de lijn uit de pomp is, dan loopt het verwarmingscompartiment leeg en is **gemakkelijk te verwijderen**.

Alarmen

- **Hoge Toevoerdruk Alarm**
Oplossing: Corrigeer de aansluiting van de Toevoerlijn.
- **Lage Teruggavedruk Alarm**
Oplossing: corrigeer de aansluiting van de Teruggave lijn.
- **Hoge Teruggavedruk Alarm (einde voorbereiding)**
Oplossing: open de klem op de teruggave lijn, controleer niveau luchtvangerv.
- **De Ci-Ca pompen detecteert het fixatiestukje niet van de Ci-Ca lijnen.** Oplossing: corrigeer het fixatiestukje door het correct te plaatsen tot de toon klinkt. NB: na eerste correcte plaatsing met bevestiging door toon, niet opnieuw toon hoorbaar als fixatiestukje verwijderd en opnieuw geplaatst wordt.
- **Alarm Ca druppels te hoog**
Bij CVVHD met Heparine kan tijdens het wisselen van de dialysaatzakken het alarm: “Ca druppels te hoog” verschijnen, terwijl de Ca pomp uitgeschakeld is. Dit is een beveiliging van het apparaat, omdat er door de beweging van de Ca zak mogelijk enkele druppels vallen. Dit alarm kan weggedrukt worden.
- **Filter Niet Gedraaid Alarm**
Oplossing: herhaal het UF spoelen met nieuwe zak NaCl en met omgedraaid filter.
- **Gesloten Filtraatklem Alarm**
Oplossing: open de Filtraatklem en herhaal het (UF) spoelen met nieuwe zak NaCl en met omgedraaid filter.
- **Massief Bloedlek Alarm**
Oplossing: Stop de behandeling, geef **geen** bloed terug. Vervang de lijnenset en filter.
- **Hemolyse/Bloed lek Alarm**
Oplossing: Plaats filter horizontaal en bevestig alarm. Komt het alarm weer terug, stop dan de behandeling en geef geen bloed terug. Vervang de lijnenset en het filter.
- **Hemolyse/Bloed lek Alarm bij rhabdomyolyse**
Oplossing: in uitzonderlijke gevallen kan bij bekende rhabdomyolyse het verkleurde ultrafiltraat ten onrechte het alarm triggeren. Overleg met arts of de bewaking uitgeschakeld mag worden door de Filtraatlijn uit de bloedlek-detector te halen. De behandeling kan dan voortgezet worden zonder deze bewaking.

- **TMP alarm hoog**

Oplossing: Open de klem op de Filtraatlijn.

Opmerking: Bij CVVHD is de TMP ook bij een dreigend verstopt filter vaak relatief laag, omdat de filtraatdrukken laag blijven doordat er weinig wordt gefiltreerd (alleen netto ultrafiltratie). Indien meerdere drukken snel stijgen.

- **Connectietest Alarm (soms in combinatie met TMP alarm)**

Oplossing: Als connectietest blijft falen corrigeer positie van drukdome. Duw met 50cc spuit en terugslagklep via aansluiting achterzijde machine de drukmeeteenheid naar buiten, corrigeer positie drukdome, verwijder spuit. Bevestig per melding per drukmeeteenheid (aanvoer-, teruggave- en filtraatdruk)

- **Lucht gedetecteerd na de luchtvanger**

Oplossing: Corrigeer positie van teruggave lijn in Luchtdetector. Sluit aanvoer- en teruggave lijn aan op zakje NaCl en voer lucht verwijderingsprocedure uit.

- **UF/BF ratio > 20% alarm (CVVH, CVVHDF)**

Oplossing: corrigeer de verhouding UF/BF.

- **Alarm uitgezete verwarmingszak in Dialysaat/Substitutie Lijn.**

Oplossing: controleer op gesloten klem/knikken in Dialysaat/Substitutie Lijn.

- **Calciumflow rate is onder minimale alarm limiet.**

Oplossing: pas Calcium dosis aan.

- **Hoog/Laag niveau Alarm luchtvanger van de teruggave lijn.**

Oplossing: corrigeer het niveau van de luchtvanger in het menu Menu's.

- **Hoog/Laag niveau Alarm in de Ci-Ca druppelkamers.**

Oplossing: Corrigeer niveau in de betreffende Ci/Ca druppelkamer.

