
Persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat tijdens continue venoveneuze hemodialyse met regionale citraat anticoagulatie: een onschuldig fenomeen?

R.M.F. Hendriks¹; C.A. den Uil, MD, PhD²; en D.P. Boer, MD³

¹ ICU-Practitioner (Renal) i.o., Intensive Care, Maasstad Ziekenhuis

² Cardioloog-intensivist, Intensive Care, Maasstad Ziekenhuis

³ Internist-intensivist, Intensive Care, Maasstad Ziekenhuis

Abstract

Inleiding

Patiënten op de intensive care kunnen continue nierfunctie vervangende therapie krijgen in de vorm van continue venoveneuze hemodialyse (CVVHD). Bij deze modaliteit wordt doorgaans regionale citraat anticoagulatie (RCA) als eerste keus ingezet. Door eiwitneerslag of stolling in het dialysefilter kan diffusie bemoeilijkt worden, daalt de geleverde dosis van nierfunctie vervangende therapie. Dit resulteert in minder citraat in het effluent en meer citraat in de systemische circulatie van de patiënt, met in veel gevallen een stijging in serum bicarbonaat tot gevolg. In sommige gevallen daalt dit bicarbonaat niet of niet snel genoeg tot de gewenste range en het vermoeden bestaat dat dit een verband heeft met behandeluitkomsten. Deze studie onderzoekt de prevalentie van een persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat (>6 uur na protocollaire interventie), of dit binnen bepaalde patiëntgroepen verschilt en of dit fenomeen geassocieerd is met opnameduur, de CVVHD-behandelduur en IC-mortaliteit.

Methode

Dit betreft een single-center, retrospectief observationeel onderzoek in een topklinisch ziekenhuis. De dataverzameling betrof alle opeenvolgende patiënten opgenomen op de intensive care die behandeld werden met CVVHD met RCA van juli 2020 tot en met mei 2021 ($n = 30$). De algemene prevalentie van het persisterend verhoogd bicarbonaat werd bepaald, evenals de prevalentie in verschillende patiëntcategorieën. Hierna werd de populatie in twee groepen verdeeld, naargelang het al dan niet voorkomen van een verhoogd arterieel bicarbonaat 6 uur na protocollaire interventie. Associaties met klinische uitkomsten werden getoetst met non-parametrische testen.

Resultaten

Bij twaalf patiënten (40%) was er gedurende de CVVHD-behandeling sprake van een persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat. Binnen de diverse patiëntcategorieën had de groep patiënten met COVID-19 de hoogste prevalentie van persisterend verhoogd bicarbonaat. Er was een numeriek en langere opnameduur voor de groep met persisterend verhoogd bicarbonaat. Het aantal CVVHD-behandeldagen bleek statistisch significant ($p < 0.001$) hoger in de groep die dit fenomeen liet zien. Deze groep kende ook een numeriek hogere mortaliteit met een trend richting statistische significantie. Protocolnaleving bleek lager in de groep met verhoogd bicarbonaat dan de groep met normaal bicarbonaat.

Conclusie

Een verhoogd arterieel bicarbonaatgehalte ten tijde van CVVHD met RCA is een frequent voorkomend fenomeen. De patiënten waarbij dit voorkomt hebben een numeriek langere opnameduur op de intensive care en kennen een statistisch significant langere CVVHD-behandelduur. De mortaliteit is numeriek hoger in deze groep met een trend richting statistische significantie. Meer onderzoek is nodig om de mate van optreden van een persisterend verhoogd bicarbonaat en de eventuele relatie met klinische uitkomsten nauwkeuriger te schatten.

Inleiding

Continue venoveneuze hemodialyse (CVVHD) is een veelgebruikte modaliteit bij continue nierfunctie vervangende therapie (continuous renal replacement therapy of CRRT) op de intensive care. Bij deze therapie is anticoagulatie nodig om stolling in het extracorporele circuit te voorkomen. Doorgaans is regionale citraat anticoagulatie (RCA) de eerste keus bij continue nierfunctie vervangende therapie¹. De anticoagulerende werking van citraat berust op het vormen van citraat-calcium complexen, waarbij het serum Ca^{2+} daalt en de stollingstijd exponentieel toeneemt². Van citraat is bekend dat het naast het anticoagulerende effect, ook actief is als bicarbonaatbuffer voor het zuur-base evenwicht van de patiënt. Een gedeelte van het aan het extracorporele circuit toegediende citraat, komt namelijk in de systemische circulatie van de patiënt terecht. In het lichaam van de patiënt zal dit bij een normaal functionerende lever worden omgezet tot een drievoud aan bicarbonaat in de citroenzuurcyclus, met stijging van het arteriële bicarbonaat (en metabole alkalose) tot gevolg³.

De hoeveelheid citraat die terechtkomt in de systemische circulatie, is afhankelijk van de hoeveelheid citraat die wordt toegediend en de hoeveelheid die door het filtermembraan in de effluentvloeistof terechtkomt. Een stijgend serum bicarbonaat ten tijde van CVVHD met RCA kan dus gevolg zijn van citraat overload maar ook van afname in filterpermeabiliteit, waardoor de hoeveelheid citraat die in de effluentvloeistof terechtkomt daalt (en dus het aanbod van citraat aan de systemische circulatie stijgt)³. Deze reductie in filterpermeabiliteit is gebruikelijk gedurende een CRRT-behandeling. Zelfs met een ogenschijnlijk functioneel filter, kan een verschil tussen voorgeschreven en geleverde CRRT-dosis gemeten worden als gevolg van reductie in filterpermeabiliteit⁴. Door eiwitneerslag ontstaat een pseudomembraan in het filter dat het filteroppervlak bekleedt. Door dit membraan kan diffusie bemoeilijkt worden en daalt de geleverde CRRT-dosis⁵. Dit kan resulteren in minder citraat in het effluent en meer citraat in de systemische circulatie van de patiënt, met een stijging in serum bicarbonaat tot gevolg.

Een stijging van het bicarbonaat kan zorgen voor metabole alkalose, met mogelijk langere opnameduur en hogere mortaliteit tot gevolg⁶. In een single-center studie werd tijdens CVVHD met RCA in veel gevallen een $\text{pH} > 7.5$ waargenomen binnen de eerste 72 uur, maar was dit in de meeste gevallen corrigeerbaar door het verhogen van de dialysaatflow⁷. In een studie naar metabole complicaties bij langdurige CRRT-behoefte bij patiënten met leverdysfunctie, kwam in bijna 25% van de gevallen metabole alkalose voor⁸.

Door een juiste balans tussen bloedflow en dialysaatflow te genereren, kan een evenwicht worden ingesteld tussen toediening en excretie van citraat tijdens CVVHD. Hierbij blijft het uiteindelijke bicarbonaatgehalte in het bloed van de patiënt binnen de normale range, uitgaande van een goede filterfunctie. Op de intensive care van het Maasstad Ziekenhuis wordt in sommige gevallen een stijging van het bicarbonaat waargenomen, dat onvoldoende reageert op de protocollaire interventies die worden genomen (reductie van bloedflow ten opzichte van dialysaatflow) met metabole alkalose tot gevolg. Daarbij bestaat een vermoeden dat dit effect heeft op behandeluitkomsten. Deze studie onderzoekt de prevalentie van een persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat (gedefinieerd als $[\text{HCO}_3] > 28$ mmol/l, 6 uur na protocollaire interventie), kijkt naar verschillen binnen diverse patiëntcategorieën waarbij dit voorkomt en of dit fenomeen invloed heeft op opnameduur, CVVHD-behandelduur en IC-mortaliteit.

Methode

Dit betreft een single-center, retrospectief observationeel onderzoek in een topklinisch ziekenhuis. De Medical research Ethics Committee United (MEC-U) heeft beslist dat dit onderzoek niet onder de werking van de Wet Medisch-wetenschappelijk Onderzoek (WMO) valt. Na goedkeuring van de Raad van Bestuur van het Maasstad Ziekenhuis is gestart met de dataverzameling. De dataverzameling betrof alle patiënten opgenomen op de intensive care van het Maasstad Ziekenhuis in de periode van 1 Januari 2020 tot 1 augustus 2021, welke behandeld werden met CVVHD. De in- en exclusiecriteria die van toepassing waren op de patiënten die voor data-analyse in aanmerking kwamen, zijn inzichtelijk gemaakt in tabel 1.

Tabel 1. In- en exclusiecriteria

Inclusiecriteria	Exclusiecriteria
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leeftijd ≥ 18 jaar ▪ Behandeld met CVVHD ▪ Regionale citraat anticoagulatie i.c.m. CiCa-dialysaat (evt. met aanvullende systemische anticoagulantia) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leeftijd < 18 jaar ▪ Behandeld met andere CRRT-vorm ▪ Systemisch heparine i.c.m. MultiBic Dialysaat ▪ Incomplete data ▪ Verhoogd bicarbonaat tijdens CVVHD geaccepteerd bij respiratoire acidose

Aanvankelijk werd in deze studie data uit MediScore Medical Device Data Gateway en Patient Data Management Systeem (MetaVision) geëxtraheerd voor de gehele populatie. Hierbij werden de algemene parameters verzameld die de karakteristieken van de populatie beschrijven en werd de prevalentie van persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat tijdens de CVVHD-behandeling binnen verschillende patiëntgroepen bepaald. Het persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat is hierbij gedefinieerd als tenminste één episode met arterieel $[\text{HCO}_3^-] > 28 \text{ mmol/l}$, tenminste 6 uur na protocolaire interventie (verlaging van bloedflow met 10 ml/min bij gelijkblijvende dialysaatflow). Daarnaast was ruimte voor vrije tekst om eventuele bijzonderheden of aanvullingen ten aanzien van de data van de betreffende patiënten vast te leggen.

Vervolgens werd de totale populatie in twee cohorten ingedeeld, namelijk de groep waarbij persisterend verhoogd bicarbonaat wel voorkwam tijdens de behandeling en de groep waarbij dit niet aan de orde was. Daarbij werd gezocht naar verschillen in baseline criteria tussen deze twee cohorten en werd gezocht naar een correlatie tussen de prevalentie van persisterend verhoogd bicarbonaat en diverse uitkomstmaten. Een two-sample Wilcoxon rank-sum (Mann-Whitney) analyse werd verricht om de correlaties tussen het verhoogd bicarbonaat en continue variabelen te toetsen. Voor toetsing van de categorische variabelen werd de Fisher's exact test gebruikt.

Voor de CRRT-behandeling werd gebruik gemaakt van de Fresenius multiFiltratePRO® met de CiCa®-CVVHD-modaliteit in combinatie met een Fresenius Ultraflux® AV1000S polysulfonfilter. Patiënten werden behandeld met een voorgeschreven CRRT-dosis variërend van 27-34 ml/kg/uur, afhankelijk van het gewicht van de patiënt en de mate van netto ultrafiltratie (zie bijlage 1, tabel 1 voor inschalingsklassen). De patiënten werden voor de behandeling voorzien van een 14 Fr dialysecatheeter (ARROWg+ard Blue®) met een lengte van 15 cm bij plaatsing in de vena jugularis interna of 20 cm in de vena femoralis. Tijdens de behandeling werd gebruik gemaakt van dialysaatvloeistof met een kaliumgehalte van 4 mmol/l, 2 mmol/l of een combinatie van beiden. In bijlage 2 zijn de gebruikte vloeistoffen en hun samenstellingen weergegeven. Voor de instellingen van de machine wordt een 'nurse-driven' protocol gehanteerd, waarbij

bloedflow, citraatdosis en calciumdosis op regelmatige tijden (à 6 uur) worden aangepast op basis van routinematig bloedonderzoek. Het beoogde serum bicarbonaat is tijdens de behandeling 21 – 28 mmol/l. Bij een arterieel serum bicarbonaat $< 21 \text{ mmol/l}$ wordt de bloedflow met 10 ml/min verhoogd bij gelijkblijvende dialysaatflow. Bij een bicarbonaat $> 28 \text{ mmol/l}$ wordt de bloedflow met 10 ml/min verlaagd. Het doelbereik van het post-filter geïoniseerd calcium is 0.25 – 0.34 mmol/l, waarop de citraatdosis per liter behandeld bloed wordt getitreerd. Voor het serum geïoniseerd calcium van de patiënt is dit doelbereik 1.01 – 1.10 mmol/l, waarop de calciumdosis wordt getitreerd. De te ondernemen stappen bij afwijkende waarden zijn inzichtelijk gemaakt in bijlage 1.

Resultaten

Na toepassing van in- en exclusiecriteria werden 30 patiënten geïnccludeerd voor data-analyse (zie bijlage 3). In tabel 2 zijn de patiëntkarakteristieken (inclusief uitkomstmaten als opnameduur, CVVHD-behandelduur en mortaliteit) weergegeven. In de totale populatie is het overgrote deel man (83%). De mediane leeftijd in jaren bedroeg 62 [IQR: 52-70]. De mediane APACHE-score bedroeg 88.0 [IQR: 71.8-105.0] en bij opname was het mediane serum creatinine 153 $\mu\text{mol/l}$ met een grote spreiding [IQR: 86-488]. Bij 11 patiënten (37%) was sprake van hypertensie in de voorgeschiedenis. Daarnaast waren diabetes mellitus bij 12 patiënten (40%) en chronische nierfunctiestoornissen bij 9 patiënten (30%) in de status gerapporteerd. Een tweetal patiënten (7%) werd al met intermitterende hemodialyse behandeld voorafgaand aan de IC-opname.

Voorgeschreven antitrombotica ten tijde van CVVHD met RCA werden ook beschreven. 97% van de patiënten werd behandeld met dalteparine. Van behandeling met ongefractioneerde heparine of danaparoid was geen sprake ten tijde van nierfunctie vervangende therapie. Bij 33% van de patiënten werd antitrombotische medicatie onder de categorie 'anders' gerapporteerd. Het ging hier in alle gevallen om trombocytenuitremmers als acetylsalicylzuur, clopidogrel, ticagrelor, carbasalaatcalcium of een combinatie van bovenstaande middelen in de vorm van zogenaamde 'dual antiplatelet therapy' (DAPT).

Tabel 2. Patiëntkarakteristieken en uitkomstparameters

	Totaal (n = 30)	Verhoogd [HCO ₃ ⁻] (n = 12 (40%))	Geen verhoogd [HCO ₃ ⁻] (n = 18 (60%))	p-waarde
Gegevens bij opname				
Leeftijd (jaren), <i>mediaan [IQR]</i>	62 [52-70]	63 [59-72]	61 [44-69]	0.19
Mannelijk, n (%)	25 (83%)	11 (92%)	14 (78%)	0.62
APACHE-IV, <i>mediaan [IQR]</i>	88.0 [71.8-105.0]	88.5 [83.0-102.5]	84.0 [56.5-107.0]	0.23
Creatinine (µmol/l), <i>mediaan [IQR]</i>	153 [86-488]	133 [80-423]	174 [86-667]	0.79
Voorgeschiedenis				
Hypertensie, n (%)	11 (37%)	5 (42%)	6 (33%)	0.71
Diabetes Mellitus, n (%)	12 (40%)	5 (42%)	7 (39%)	1.00
CKD, n (%)	9 (30%)	4 (33%)	5 (28%)	1.00
Dialyse-patiënt, n (%)	2 (7%)	0 (0%)	2 (11%)	0.50
Opmamereden				
				0.19
COVID-19, n (%)	14 (47%)	8 (67%)	6 (33%)	-
Sepsis, n (%)	5 (17%)	1 (8%)	4 (22%)	-
Hartfalen, n (%)	3 (10%)	0 (0%)	3 (17%)	-
Intoxicatie, n (%)	1 (3%)	0 (0%)	1 (6%)	-
Acuut op chronisch, n (%)	2 (7%)	0 (0%)	2 (11%)	-
Overig, n (%)	5 (17%)	3 (25%)	2 (11%)	-
Additionele antithrombotica				
Dalteparine*, n (%)	29 (97%)	12 (100%)	17 (94%)	1.00
Ongefract. heparine, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-
Danaparoid, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-
Anders, n (%)	10 (33%)	4 (33%)	6 (33%)	1.00
Uitkomsten				
Opnameduur (dagen), <i>mediaan [IQR]</i>	18 [6-28]	20 [14-25]	8 [5-31]	0.27
CVVHD-behandelduur (dagen), <i>mediaan [IQR]</i> <i>[minimum-maximum]</i>	7 [4-13] [2-27]	14 [8-18] [5-27]	4 [3-8] [2-14]	<0.001
Overleden, n (%)	16 (53%)	9 (75%)	7 (39%)	0.05

IQR: Interquartile range (interkwartielafstand)

CKD: chronic kidney disease (chronische nierfunctiestoornissen)

* kan zowel therapeutische als profylactische dosering zijn

Van alle opname-indicaties was de categorie 'COVID-19' het grootst ($n = 14$), gevolgd door de categorie 'sepsis' ($n = 5$). De verzamelde data betrof een aanzienlijk aantal patiënten die tijdens de COVID-pandemie zijn opgenomen, wat de grootte van de categorie verklaart. Verder bestond de categorie 'sepsis' (anders dan COVID) uit vijf patiënten, de categorie 'hartfalen' uit drie patiënten, 'acuut op chronisch' (niet passend in de voorgaande categorieën) uit twee patiënten en was er een enkele patiënt in de categorie 'intoxicatie'. De categorie 'overig' bestond uit een vijftal patiënten die niet in de andere categorieën waren te plaatsen.

Twaalf patiënten (40%) kregen gedurende de CVVHD-behandeling te maken met een persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat. Uit de groep patiënten die te maken kreeg met een persisterend verhoogd bicarbonaat, viel op dat bij een groot aantal de opmerking 'protocol niet of niet volledig gevolgd', was geplaatst tijdens de dataverzameling. Dit aantal bedroeg 10 uit 12 patiënten (83%) die te maken kregen met een persisterend verhoogd bicarbonaat. Uit de andere groep bedroeg dit 3 uit 18 patiënten (17%), wat duidelijk lager is. Het niet volgen van het protocol kon bestaan uit het te laat verlagen van de bloedflow (bijvoorbeeld een aantal uren na signalering van een bicarbonaatgehalte dat buiten de range viel, in plaats van direct). Hierdoor kan het zijn dat het bicarbonaat verder oploopt en de alkalose ernstiger wordt. Ook kwam het voor dat de bloedflow in sommige gevallen niet verlaagd werd, met verdere stijging van het bicarbonaat tot gevolg. Toch werd in de groep met normaal bicarbonaat ook waargenomen dat de bloedflow niet verlaagd werd en het arteriële bicarbonaat toch daalde en binnen 6 uur weer binnen de normale range verkeerde.

Het aantal patiënten met een persisterend verhoogd bicarbonaat was het hoogst in de 'COVID-19'-categorie, gevolgd door de categorie 'overig' en 'sepsis'. Bij de categorieën 'intoxicatie', 'acuut op chronisch' en 'hartfalen' werd geen persisterend verhoogd bicarbonaat waargenomen. De mediane opnameduur voor patiënten met een persisterend verhoogd bicarbonaat bleek numeriek langer, maar deze parameter kende een grote spreiding en het verschil in mediaan was niet statistisch significant. De CVVHD-behandelduur bleek in de groep met verhoogd bicarbonaat wel significant hoger te liggen ($p < 0.001$). Uit de analyse bleek dat de mortaliteit in diezelfde groep numeriek hoger was, met een trend richting statistische signifi-

cantie ($p = 0.05$). De groep met een persisterend verhoogd bicarbonaat had relatief gezien meer mannen, kende een hogere leeftijd en APACHE-score en een lager serum creatinine bij opname. Ook kwamen in de groep met het verhoogde bicarbonaat meer hypertensie, diabetes mellitus en chronische nierfunctiestoornissen voor, al werden alle verschillen niet statistisch significant bevonden.

Discussie

In deze retrospectieve observationele studie werd een prevalentie van het persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat gevonden van 40% bij patiënten met CVVHD en RCA. Dit betekent dat het een frequent voorkomend fenomeen is. Patiënten met COVID-19 die behandeld worden met CVVHD en RCA krijgen in deze studie het meest te maken met dit fenomeen. Daarnaast is het gecorreleerd aan de CVVHD-behandelduur, die significant hoger is bij de groep met het verhoogde bicarbonaat. Numeriek is de opnameduur langer en de mortaliteit ook hoger in deze groep, waarbij voor de mortaliteit een trend richting statistische significantie aanwezig is. Deze gegevens maken dat een bicarbonaat dat niet of in onvoldoende mate reageert op therapeutische interventies een alarmerend signaal kan zijn en hogere behandelkosten impliceert door de langere CVVHD-behandelduur. Daarnaast ontstaat de vraag of het verhoogd bicarbonaat mogelijk oorzakelijk is, of juist een symptoom van de gevonden langere CVVHD-behandelduur.

De aanwezigheid van metabole alkalose tijdens CRRT-behandeling kan simpelweg een netto overdosering aan citraat in verhouding tot de bufferbehoefte van de patiënt zijn. Dit zou betekenen dat met het verlagen van de bloedflow of het verhogen van de dialysaatflow dit probleem op te lossen is³. Het protocol dat in dit onderzoek gebruikt werd, is gebaseerd op het protocol dat door de fabrikant van de modaliteit werd aangeleverd, maar is door een ander centrum geïmplementeerd. Aldaar werd het protocol aangepast om de veelvuldige prevalentie van metabole alkalose te verminderen. In het huidige protocol werd een lager systemisch calcium nagestreefd, waardoor minder citraat nodig zou zijn om een adequaat post-filter calcium te bereiken en de absolute citraatload zou dalen. Toch blijkt uit dit onderzoek dat het verhoogde bicarbonaat een frequent voorkomend fenomeen is. De vraag bestaat of therapeutische interventies volgens het huidige protocol

volstaan, of wellicht te klein van aard zijn. In een case report werd namelijk reductie van de bloedflow met 50 ml/min als optie aangedragen⁹. Het verhogen van de dialysaatflow met stappen van 250 of 500 ml/uur kwam tevens als optie voor in de behandeling van metabole alkalose⁷. Met het verhogen van de dialysaatflow werd meer uitwas van citraat en bicarbonaat beoogt. Als de metabole ontregeling niet te wijten zou zijn aan de netto citraatload, dan is het aannemelijk dat filterfunctie en de rol van het pseudomembraan hierop een rol speelt in de prevalentie van het verhoogd bicarbonaat en zal het aanpassen van de bloed- of dialysaatflow waarschijnlijk ook niet volstaan.

Een verhoogd arterieel bicarbonaat hoeft niet per se tot alkemie te leiden, maar in de eerder benoemde studie was sprake van een metabole alkalose met pH > 7.5 in 55% van de gevallen⁷. Omdat in de huidige studie gekeken is naar het bicarbonaatgehalte, welke gereguleerd werd met de bloedflow (en daaraan gekoppelde citraatload) ten tijde van AKI, zijn deze resultaten niet één op één te vergelijken, maar het is vanzelfsprekend dat een lager aantal patiënten met verhoogd bicarbonaat ook zal resulteren in een lager aantal patiënten met alkemie. Het nastreven van een lager geïoniseerd systemisch calcium bij de patiënt maakt dat minder citraat nodig is om tot adequate anticoagulatie te komen. Dit kan een reden zijn voor de lagere prevalentie die gezien werd in de huidige studie. Een reden die genoemd werd voor de lagere prevalentie van metabole alkalose (24.8%) was de verminderde mogelijkheid tot metabolisme van citraat bij verminderde leverfunctie. Toch werd hier alkalose waargenomen, waarbij gedacht wordt dat adequaat citraatmetabolisme ook buiten de lever kan plaatsvinden⁸.

Het persisterend verhoogd bicarbonaat lijkt in deze studie het meest voor te komen bij kritiek zieke patiënten die initieel zijn opgenomen voor COVID-19. Verhoogde stollingsactivatie die werd waargenomen bij COVID-19 infecties zorgde ondanks meer gebruik van anticoagulantia voor slechtere filteroverleving¹⁰. Bij kritiek zieke patiënten met COVID-19 en CRRT garandeert RCA met systemisch heparine (ongefractioneerd of laagmoleculair gewicht heparine) de beste filteroverleving¹¹. COVID-19 patiënten werden destijds in ons centrum behandeld met therapeutische dosering dalteparine met controle van anti-Xa spiegel. Het is mogelijk dat snellere reductie in filterfunctie bij deze patiëntengroep geresulteerd heeft in een hogere netto

citraatload. De beperkte naleving van het protocol kan wellicht ook geresulteerd hebben in het sneller ontwikkelen van een persisterend verhoogd bicarbonaat bij deze patiënten. Een belangrijke factor hierbij is de grote werkdruk die tijdens de COVID-pandemie heerste onder IC-personeel. De hoeveelheid patiënten steeg ten opzichte van de hoeveelheid verpleegkundigen. Verhoogde werkdruk zou in dit geval nadelig kunnen zijn voor de naleving van het CRRT-protocol. Daarnaast is recentelijk voor aanvang van dit onderzoek de overstap van CVVH naar CVVHD gemaakt.

Vanwege de lage mate protocolnaleving die opviel bij de groep patiënten met een persisterend verhoogd bicarbonaat, dienen resultaten extra kritisch bekeken te worden. Het is lastig structurele conclusies te ontleen aan een fenomeen waarbij het standard of care protocol niet in alle gevallen werd nageleefd. De naleving van dit protocol verdient dan ook aandacht in de aanbevelingen voor de beroepspraktijk. Omdat de protocollering uit meerdere documenten bestaat, kan onnodige verwarring ontstaan. Duidelijkheid in de te nemen stappen bij bepaalde situaties, zoals persisterend verhoogd bicarbonaat of alkalose dient een duidelijke plek te krijgen in het protocol en uniformiteit in handelen kan hiermee vergroot worden. Door bijvoorbeeld te late reductie van de bloedflow, zou het bicarbonaat langer door kunnen stijgen, waarbij er meer risico kan bestaan op het vormen van een metabole alkalose, met alle potentiële gevolgen van dien. Indien dit het gevolg is van een reductie in filterpermeabiliteit, kan tijdig inspelen op het zuur-base evenwicht wellicht extreme ontregeling voorkomen. Daarnaast dienen de uitvoerende verpleegkundigen bekwaam te zijn in het herkennen van verslechterende filterfunctie. Parallel aan dit onderzoek is een start gemaakt met een project om dagelijks filterfunctie te meten en daarmee geleverde dosis te bewaken. Dit werd gedaan door middel van bloed- en effluent bepaling van ureum. Omdat volledige implementatie nog niet had plaatsgevonden, is deze parameter niet meegenomen in de huidige studie.

Buiten de langere CVVHD-behandelduur werd geen statistisch significant verschil gezien voor de opnameduur in aanwezigheid van een verhoogd bicarbonaat, hoewel het numerieke aantal hoger was in deze groep. Er zijn wel degelijk aanwijzingen dat een verhoogd serum bicarbonaat hier invloed op kan uitoefenen⁶. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat een verhoogd bicarbo-

naatgehalte reductie geeft van elektrische activiteit in het diafragma bij gezonde individuen en daarmee de ventilatoire drive remt¹².

In een randomized controlled trial over het wean van mechanische ventilatie bij COPD-patiënten, werd in de groep die behandeld werd met acetazolamide een 16 uur kortere beademingsduur waargenomen ten opzichte van de controlegroep. Hoewel dit resultaat niet statistisch significant was, lijkt correctie van bicarbonaat wel substantieel kortere beademingsduur op te leveren en was deze studie mogelijk underpowered¹³. Een langere beademingsduur behoeft langere opname op een intensive care-afdeling, wat een mogelijke verklaring is zou kunnen zijn voor het numerieke verschil in opnameduur.

Gelet op de kleine populatiegrootte is deze studie underpowered en kunnen de in deze studie beschreven uitkomsten berusten op toeval. Daarnaast is het onwaarschijnlijk dat de populatie representatief is voor alle IC-patiënten in de Nederlandse ziekenhuizen. Protocolnaleving was laag en heeft daarmee gezorgd voor een additionele foutmarge in dit onderzoek. Mogelijk dat groter opgezet prospectief onderzoek betrouwbaarder is in het doen van uitspraken over het persisterend verhoogd bicarbonaat en een al dan niet bestaand verband met CRRT-duur, opnameduur en mortaliteit. Parameters als de indicatie van het opstarten van CRRT, downtime, filtergebruiksduur, structurele serum- en effluentmetingen voor filterfunctie⁴ en gemiddelde bicarbonaatwaarden, pH en PaCO₂ gedurende het CRRT-traject, aangevuld door het aantal beademingsdagen kunnen hierbij interessant zijn.

Conclusie

De prevalentie van een persisterend verhoogd arterieel bicarbonaatgehalte bij patiënten op de intensive care van het Maastricht Ziekenhuis bedroeg 40% tijdens behandeling met continue venoveneuze hemodialyse met regionale citraat anticoagulatie. Deze prevalentie was het hoogst onder patiënten die waren opgenomen met COVID-19. Tevens kwam dit fenomeen ook voor bij patiënten die waren opgenomen vanwege sepsis of met overige opnameredenen, al waren deze groepen kleiner in aantallen. De mediane opnameduur en CVVHD-behandelingsduur was bij de groep patiënten met een persisterend verhoogd bicarbonaat numeriek langer dan bij de groep patiënten met een normaal bi-

carbonaat. Echter was hier sprake van wisselende spreiding en bleek alleen voor de CVVHD-behandelingsduur een statistisch significant verschil. Deze langere CVVHD-behandelingsduur is inherent aan hogere behandelkosten.

De mortaliteit was in de groep patiënten met een persisterend verhoogd bicarbonaat numeriek aanzienlijk hoger, met een trend richting statistische significantie. De kleine onderzoekspopulatie, het retrospectieve design en ook de lage mate waarin het protocol gevolgd werd, maken dit onderzoek minder betrouwbaar. Deze lage mate van protocolnaleving verdient aandacht voor de beroepspraktijk. Meer onderzoek zal nodig zijn om duidelijkheid te scheppen over het persisterend verhoogd bicarbonaat tijdens CVVHD met RCA en de al dan niet bestaande verbanden met uitkomstparameters. Dit frequent voorkomende fenomeen is in ieder geval niet volledig onschuldig te noemen en vraagt op zijn minst om alertheid van IC-personeel.

Aanbevelingen

1. Revisie van het gehele CRRT-protocol, zodat dit voor alle IC-disciplines toegankelijk en conform de meest recente wetenschappelijke inzichten is en waar mogelijk als basis voor uniform handelen dient.
2. Het op regelmatige basis organiseren van onderwijs voor IC-verpleegkundigen en IC-verpleegkundigen in opleiding om de kennis te vergroten over nierfunctie vervangende therapie in het algemeen en het aansturen van de specifieke nierfunctie vervangende therapie op de intensive care van het Maastricht Ziekenhuis.
3. Het verrichten van verder onderzoek naar het effect van het verhoogd arterieel bicarbonaat op diverse uitkomstmaten en de mogelijke rol van reductie in filterfunctie hierbij.

Referenties

1. KDIGO. Kidney disease: improving global outcomes (KDIGO) acute kidney injury work group (2012) KDIGO clinical practice guidelines AKI: AKI definition. *Kidney Int.* 2012;2(1):19–36
2. Calatzis, A., Toepfer, M., Schramm, W., Spannagl, M. & Schiffel, H. (2001). Citrate Anticoagulation for Extracorporeal Circuits: Effects on Whole Blood Coagulation Activation and Clot Formation. *Nephron*, 89(2), 233–236. <https://doi.org/10.1159/000046075>
3. Schneider, A. G., Journois, D. & Rimmelé, T. (2017). Complications of regional citrate anticoagulation: accumulation or overload? *Critical Care*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1880-1>
4. Claire-Del Granado, R., Macedo, E., Chertow, G. M., Soroko, S., Himmelfarb, J., Ikizler, T. A., Paganini, E. P. & Mehta, R. L. (2010). Effluent Volume in Continuous Renal Replacement Therapy Overestimates the Delivered Dose of Dialysis. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 6(3), 467–475. <https://doi.org/10.2215/cjn.02500310>
5. Claire-Del Granado, R. (2019). Dose in continuous renal replacement therapy. *Gaceta de Mexico*, 154(91). <https://doi.org/10.24875/gmm.m18000069>
6. Libório, A. B., Noritomi, D. T., Leite, T. T., de Melo Bezerra, C. T., de Faria, E. R. & Kellum, J. A. (2015). Increased serum bicarbonate in critically ill patients: a retrospective analysis. *Intensive Care Medicine*, 41(3), 479–486. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3649-9>
7. Morgera, S., Scholle, C., Voss, G., Haase, M., Vargas-Hein, O., Krausch, D., Melzer, C., Rosseau, S., Zuckermann-Becker, H. & Neumayer, H. H. (2004). Metabolic Complications during Regional Citrate Anticoagulation in Continuous Venovenous Hemodialysis: Single-Center Experience. *Nephron Clinical Practice*, 97(4), c131–c136. <https://doi.org/10.1159/000079171>
8. Klingele, M., Stadler, T., Fliser, D., Speer, T., Groesdonk, H. V., & Raddatz, A. (2017). Long-term continuous renal replacement therapy and anticoagulation with citrate in critically ill patients with severe liver dysfunction. *Critical Care*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1870-3>
9. Kindgen-Milles, D., Amman, J., Kleinekofort, W., & Morgera, S. (2008). Treatment of Metabolic Alkalosis during Continuous Renal Replacement Therapy with Regional Citrate Anticoagulation. *The International Journal of Artificial Organs*, 31(4), 363–366. <https://doi.org/10.1177/039139880803100414>
10. Khoo, B. Z. E., Lim, R. S., See, Y. P. & Yeo, S. C. (2021). Dialysis circuit clotting in critically ill patients with COVID-19 infection. *BMC Nephrology*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12882-021-02357-3>
11. Shankaranarayanan, D., Muthukumar, T., Barbar, T., Bhasin, A., Gerardine, S., Lamba, P., Leuprecht, L., Neupane, S. P., Salinas, T., Shimonov, D., Varma, E. & Liu, F. (2020). Anticoagulation Strategies and Filter Life in COVID-19 Patients Receiving Continuous Renal Replacement Therapy. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 16(1), 124–126. <https://doi.org/10.2215/cjn.08430520>
12. Oppersma, E., Doorduyn, J., van der Hoeven, J., Veltink, P. & Heunks, L. (2016). Influence of bicarbonate on ventilatory drive in healthy subjects. *4.1 Clinical Physiology, Exercise and Functional Imaging*. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2016.pa5025>
13. Faisy, C., Meziani, F., Planquette, B., Clavel, M., Gacouin, A., Bornstain, C., Schneider, F., Duguet, A., Gibot, S., Lerolle, N., Ricard, J. D., Sanchez, O., Djibre, M., Ricome, J. L., Rabbat, A., Heming, N., Urien, S., Esvan, M. & Katsahian, S. (2016). Effect of Acetazolamide vs Placebo on Duration of Invasive Mechanical Ventilation Among Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *JAMA*, 315(5), 480. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0019>

Bijlage 1. Nurse-driven CRRT-protocol

Tabel 1. *Inschalingstabel instellingen CVVHD met RCA*

Gewicht (kg)	40-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110
Bloedflow (ml/min)	70	80	100	110	130	140	160
Dialysaatflow (ml/uur)	1400	1600	2000	2200	2600	2800	3200
Citraatdosis (mmol/l)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Calciumdosis (mmol/l)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Netto Ultrafiltratie (ml/uur)	0-200	0-200	0-200	0-200	0-200	0-200	0-200
CRRT-dosis (ml/kg/uur)	28-34	27-31	29-33	28-31	29-32	28-31	29-32

Tabel 2. *Interventies met betrekking tot HCO₃⁻ tijdens CVVHD met RCA*

[HCO ₃ ⁻]	Interventie	Citraatload
< 21 mmol/l*	Verhoog Q _b met 10 ml/min	↑
21-28 mmol/l	Continueer met huidige flow	gelijk
> 28 mmol/l	Verlaag Q _b met 10 ml/min	↓

* Indien niet stijgend

Tabel 3. *Aanpassingen in citraatdosis n.a.v. post-filter Ca²⁺*

Post-Filter Ca ²⁺ (mmol/l)	Actie
>0.40	Verhoog dosis met 0.2 mmol/l
0.35 – 0.40	Verhoog dosis met 0.1 mmol/l
0.25 – 0.34	Geen wijziging (doelbereik)
0.20 – 0.24	Verlaag dosis met 0.1 mmol/l
<0.20	Verlaag dosis met 0.2 mmol/l

Tabel 4. *Aanpassingen in calciumdosis n.a.v. serum Ca²⁺*

Serum Ca ²⁺ (mmol/l)	Actie
>1.21	Verlaag dosis met 0.4 mmol/l
1.11 – 1.20	Verlaag dosis met 0.2 mmol/l
1.01 – 1.10	Geen wijziging (doelbereik)
0.91 – 1.00	Verhoog dosis met 0.2 mmol/l
<0.90	Verhoog dosis met 0.4 mmol/l

Tabel 5. *Gepland laboratoriumonderzoek tijdens CVVHD met RCA*

Tijdstippen	Laboratoriumonderzoek
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 6 uur na start behandeling 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arteriële bloedgasanalyse* ▪ Post-filter Ca²⁺
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 00.00 ▪ 06.00 ▪ 12.00 ▪ 18.00 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arteriële bloedgasanalyse* ▪ Post-filter Ca²⁺
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 06.00 ▪ 18.00 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Totaal calcium ▪ Mg²⁺ ▪ PO₄²⁻

* Arteriële bloedgasanalyse is inclusief Na⁺, K⁺, Cl⁻, Ca²⁺

Bijlage 2. Gebruikte vloeistoffen

Tabel 1. Samenstelling CiCa K4 Dialysaat

Ingrediënt	Concentratie
Na ⁺	133 mmol/l
K ⁺	4.0 mmol/l
Ca ²⁺	0.0 mmol/l
Mg ²⁺	0.75 mmol/l
Cl ⁻	118.5 mmol/l
HCO ₃ ⁻	20 mmol/l
Glucose	1 g/l

Overige toevoegingen: water voor injecties, zoutzuur 25%, koolstofdioxide

Tabel 2. Samenstelling CiCa K2 Dialysaat

Ingrediënt	Concentratie
Na ⁺	133 mmol/l
K ⁺	2.0 mmol/l
Ca ²⁺	0.0 mmol/l
Mg ²⁺	0.75 mmol/l
Cl ⁻	116.5 mmol/l
HCO ₃ ⁻	20 mmol/l
Glucose	1 g/l

Overige toevoegingen: water voor injecties, zoutzuur 25%, koolstofdioxide

Tabel 3. Samenstelling 4% citraatoplossing

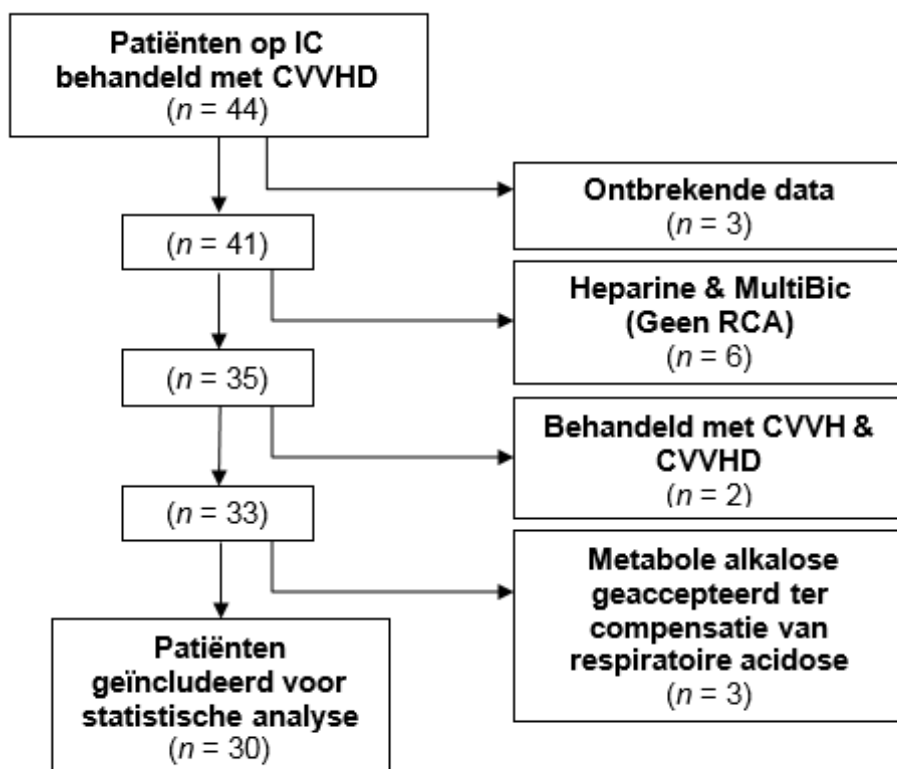
Ingrediënt	Concentratie
Citraat (C ₆ H ₈ O ₇) ³⁻	136 mmol/l
Na ⁺	408 mmol/l

pH: 7.1 – 7.5 (aangepast met zoutzuur), osmolariteit: 544 mOsm/l

Tabel 4. Samenstelling Caddera[®] calciumoplossing

Ingrediënt	Concentratie
Ca ²⁺	100 mmol/l
Cl ⁻	200 mmol/l

pH: 5.0 – 7.0, theoretische osmolariteit: 300 mOsm/l

Bijlage 3. Flowchart inclusie en exclusie

Bijlage 4. Functietaken Renal Practitioner Maasstad Ziekenhuis

De gepersonaliseerde functietaken van de Intensive Care Practitioner (uitstroomprofiel Renal), werkzaam op de Intensive Care van het Maasstad Ziekenhuis te Rotterdam, zijn gebaseerd op de eindtermen van de opleiding tot intensive care practitioner en specifiek tot het uitstroomprofiel 'renal'. Op het moment van schrijven van deze functietaken, wordt een nieuw functieprofiel geschreven door een werkgroep van Practitioners Nederland. De functietaken in dit document zijn dan ook gebaseerd op de functietaken van een zojuist gediplomeerde Circulation Practitioner in het Maasstad Ziekenhuis, maar aangepast naar het eigen deskundigheidsgebied. De functietaken worden in een vijftal domeinen ondergebracht, namelijk: 'Zorg', 'Onderzoek', 'Innovatie en ontwikkeling', 'Deskundigheidsbevordering' en 'Kwaliteit'.

De Intensive Care Practitioner met uitstroomprofiel 'Renal' heeft op de intensive care van het Maasstad Ziekenhuis een gecombineerde functie met die van IC-verpleegkundige. Per werkweek heeft de practitioner één 'practitioner-dag' (8 uur), waarin gewerkt kan worden aan alle onderstaande functietaken. De overige werktijd van het contract verleent de practitioner zorg aan de patiënt als IC-verpleegkundige. Tijdens de werkzaamheden als IC-verpleegkundige is de practitioner uiteraard ook in de functie als practitioner benaderbaar voor het gehele intensive care team*. De Intensive Care Practitioner is de spil tussen het medisch- en verpleegkundig domein en werkt nauw samen met andere kernteams zoals 'Scholing & Opleiding', 'Logistiek', 'Kwaliteit & Veiligheid', 'PDMS' en 'Veilige Incident-Melding (VIM)'.

*Het intensive care team bestaat uit Intensivisten, ICU-practitioners, arts-assistenten, IC-verpleegkundigen (i.o.), MC-verpleegkundigen (i.o.) en diverse paramedici zoals diëtisten, fysiotherapeuten en logopedisten.

Functietaak Zorg

"Initiëren, uitzetten, uitvoeren en evalueren van een behandelstrategie voor patiënten binnen het aandachtsgebied."

De practitioner draagt zorg voor ondersteuning aan het zowel het medisch- als verpleegkundig team bij zorgaspecten aan de individuele IC-patiënt. Deze bijdrage wordt geleverd door mee te denken in behandelstrategieën, zorgvragen te beantwoorden en knelpunten te signaleren. Het is van belang dat de practitioner laagdrempelig benaderbaar en toegankelijk is voor het gehele team.

Functietaak Onderzoek

"Initiëren, assisteren en ondersteunen van medisch en verpleegkundig onderzoek binnen het aandachtsgebied op de afdeling."

Tijdens de opleiding tot Intensive Care Practitioner maakt de practitioner in opleiding kennis met het doen van onderzoek. Op de Intensive Care zijn een arts-onderzoeker, een researchverpleegkundige en andere zorgprofessionals aanwezig welke zich veelal bezighouden met het doen van onderzoek. De practitioner zal hierbij aansluiten en een actieve bijdrage en ondersteuning leveren binnen het kennisgebied. Om bij te blijven op het gebied van kennis en de nieuwste ontwikkelingen blijft de practitioner zich verdiepen in nieuwe ontwikkelingen, (internationale) vakliteratuur en wetenschappelijk onderzoek. Bezoek aan congressen en symposia zijn hier een onderdeel van.

Functietaak Innovatie en ontwikkeling

"Leveren van een bijdrage aan innovatie en ontwikkeling van zorg ten aanzien van het aandachtsgebied op de eigen afdeling en op andere afdelingen binnen het ziekenhuis."

De Intensive Care van het Maasstad Ziekenhuis houdt zicht intensief bezig met innovatie en ontwikkelingen. Veelal komen deze innovaties en ontwikkelingen voort uit het medisch domein. De practitioner speelt een belangrijke rol in de vertaling van deze medisch-inhoudelijke ontwikkelingen naar de verpleegkundige praktijk en is hierbij de spil tussen het medisch- en verpleegkundig domein. Het is van belang dat de practitioner deze nieuwe ontwikkelingen volgt en beoordeelt en vertaalt naar de praktijk van het Maasstad Ziekenhuis. Innovatie en ontwikkelingen bestaat uit implementatie van nieuwe behandelstrategieën, nieuwe technieken, apparatuur en materialen. De practitioner levert een bijdrage aan de introductie en implementatie en is betrokken bij materiaalkeuze en investeringen. Het is van belang om een landelijk netwerk te onderhouden met andere practitioners, leveranciers en de industrie.

Functietaak Deskundigheidsbevordering

“Zorgen voor deskundigheidsbevordering ten aanzien van het aandachtsgebied, voor met name (specialistisch) verpleegkundigen en arts-assistenten binnen de eigen afdeling en andere afdelingen.”

Deskundigheidsbevordering is een belangrijke taak van de Intensive Care Practitioner en zal bestaan uit meerdere onderdelen. Zo worden door de renal practitioner basislessen georganiseerd voor specialistisch verpleegkundigen in opleiding die zich in de voorwerkperiode bevinden, zodat met meer kennis aan de IC-opleiding begonnen kan worden. Daarnaast worden verdiepende lessen georganiseerd voor specialistisch verpleegkundigen in opleiding, parallel aan de IC-opleiding. Naast het organiseren van onderwijs voor specialistisch verpleegkundigen in opleiding, is ook onderwijs voor gediplomeerd specialistisch verpleegkundigen toebedeeld aan de renal practitioner. Onderwijs vindt plaats door middel van bed-side teaching of casusbesprekingen, maar ook in de vorm van klinische lessen en grotere onderwijsbijeenkomsten die elk kwartaal worden georganiseerd. Tot slot is de renal practitioner samen met een intensivist verantwoordelijk voor de inhoud van de thema-maand ‘renal’, waarbij ook de ‘renal schooling’ plaatsvindt; een jaarlijks evenement binnen de intensive care van het Maasstad Ziekenhuis die gericht is op het bijhouden van specifieke vakkennis op het gebied van nieren en nierfunctie vervangende therapie. Tot slot kan door de renal practitioner een bijdrage geleverd worden aan de invulling van programma’s van het Rotterdam Intensive Care Symposium en de bijbehorende masterclasses en/of Webinars.

Functietaak Kwaliteit

“Leveren van een bijdrage aan kwaliteit van zorg ten aanzien van het aandachtsgebied op de eigen afdeling en op andere afdelingen binnen het ziekenhuis.”

De practitioner houdt zich binnen de organisatie bezig met het verbeteren van de kwaliteit van zorg door verdieping aan te brengen in verpleegkundig- en medisch inhoudelijke aspecten binnen het renale domein. Daarnaast houdt de practitioner zich bezig met kwaliteitsverbetering door herziening van protocollen en bewaakt hierbij de kwaliteit van het protocollair handelen op de afdeling. Stimulatie van professionaliteit van de verpleegkundigen is hierbij van belang en de practitioner zal actief bijdragen aan de bewustwording van de handelwijze van artsen en verpleegkundigen op de Intensive Care.

Bijlage 5. Bekleding van functietaken per aanbeveling uit onderzoek

Uit de resultaten van het artikel “Persisterend verhoogd arterieel bicarbonaat tijdens continue venove-neuze hemodialyse met regionale citraat anticoagulatie: een onschuldig fenomeen?” zijn aanbevelingen voortgekomen. In het vervolg van dit document zal per aanbeveling worden aangehaald hoe de functietaken door de renal practitioner zullen worden bekleed in het kader van de aanbeveling.

Aanbeveling 1.

Revisie van het gehele CRRT-protocol, zodat dit voor alle IC-disciplines toegankelijk en conform de meest recente wetenschappelijke inzichten is en waar mogelijk als basis voor uniform handelen dient.

Functietaak Zorg

Hiaten in de uitvoering van het CRRT-protocol kunnen niet alleen met bekwaamheid van verpleegkundigen te maken hebben, maar ook met de duidelijkheid van een werkinstructie. Daarbij dient de practitioner na te gaan waar moeilijkheden in de praktijk worden ervaren in de uitvoering van het protocol. Een duidelijke instructie die voor alle betrokken partijen leesbaar, uniform en voornamelijk en in één overzichtelijk document is terug te vinden, is wenselijk. Daarbij dient de practitioner rekening te houden met praktische uitvoering van de behandelstrategie, hiaten hierin te observeren en proberen deze voor te zijn in de protocollering van nierfunctie vervangende therapie. Uit de resultaten blijkt dat naleving van het CRRT-protocol onvoldoende is en dat vraagt niet alleen om training en opleiding, maar ook om een duidelijk protocol dat goed toegankelijk is. Door een brainstormsessie te plannen met een aantal IC-verpleegkundigen en opmerkingen te verzamelen vanuit de beroepspraktijk, kunnen potentiële praktische problemen al worden aangestipt in het nieuwe CRRT-protocol.

Functietaak Onderzoek

Resultaten van dit onderzoek zullen door de practitioner worden meegenomen in de revisie van het protocol. Dit betekent dat een situatie waarin een verhoogd bicarbonaat ontstaat beschreven moet worden, evenals mogelijke oorzaken, preventie en correctie hiervan en hoe in het geval hiervan veilig kan worden gehandeld.

Functietaak Innovatie en ontwikkeling

Bij revisie van het bestaande CRRT-protocol dient rekening gehouden te worden met nieuwe ontwikkelingen en mogelijkheden vanuit de industrie. De practitioner zal een afspraak plannen met de vertegenwoordiger van Fresenius Medical Care om nieuwe mogelijkheden te bespreken ten aanzien van vloeistoffen en ondersteunende producten en accessoires die de beroepspraktijk wellicht ten goede kan komen.

Functietaak Deskundigheidsbevordering

De practitioner zal op zichtbare wijze alle teamleden onderwijzen in het nieuwe protocol. Dit gebeurt door middel van presentatie op de jaarlijkse renal scholing, maar ook door middel van klinische lessen, het geven van ‘bed-side teaching’ en onderwijs aan verpleegkundigen in opleiding en arts-assistenten.

Functietaak Kwaliteit

Herziening van protocollen is onderdeel van het takenpakket van de renal practitioner. Door kennis te hebben van de laatste wetenschappelijke literatuur kan de renal practitioner ervoor zorgen dat protocollen conform de meest recente inzichten zijn. Een laagdrempelige benaderbaarheid en voorbeeldfunctie ten aanzien van het handelen volgens up-to-date protocollen zijn aandachtspunten voor het bijdragen aan de bewustwording van de handelswijze van artsen en verpleegkundigen op de intensive care van het Maasstad Ziekenhuis. Daarnaast dient het protocol ook goed toegankelijk te zijn (niet uit een groot aantal verschillende documenten te bestaan) en als zeer beknopt naslagwerk te kunnen dienen voor het werken met de specifieke nierfunctie vervangende therapie die in het Maasstad Ziekenhuis van toepassing is.

Aanbeveling 2.

Het op regelmatige basis organiseren van onderwijs voor IC-verpleegkundigen en IC-verpleegkundigen in opleiding, om de kennis te vergroten over nierfunctie vervangende therapie in het algemeen en het aansturen van de specifieke nierfunctie vervangende therapie op de intensive care van het Maasstad Ziekenhuis.

Functietaak Zorg

Scholing en scholingsonderwerpen dienen onder meer voort te komen uit evaluatie van behandelstrategieën en de daarin ervaren knelpunten. Bij het organiseren van onderwijs dient de praktijk dan ook leidend te zijn als het gaat om onderwerpen voor dit onderwijs. Daarbij dienen knelpunten die ervaren worden in de zorgverlening door zowel artsen als verpleegkundigen te worden waargenomen. Uit de resultaten blijkt dat naleving van het CRRT-protocol onvoldoende is en dat vraagt om een gedegen scholing en opleiding om bekwaamheid in het naleven hiervan te vergroten. Daarnaast dienen praktische onderwerpen zoals verpleegkundige interventies omtrent alarmmanagement, bedieningsfouten en achterliggende fysiologie een plek te krijgen in het scholingsprogramma, om verpleegkundigen zo goed mogelijk met nierfunctie vervangende therapie om te kunnen laten gaan.

Functietaak Onderzoek

Niet alleen medisch-wetenschappelijk onderzoek kan bij de functietaak 'onderzoek' passen, maar ook onderzoek op bijvoorbeeld microniveau over de kennis en kundigheid met nierfunctie vervangende therapie onder directe collegae kan interessant zijn. In deze functietaak zal de renal practitioner ook een toets afnemen na het verzorgde onderwijs, om de effectiviteit hiervan te kunnen bepalen. Daarbij kunnen waardevolle onderwerpen naar voren komen die meer aandacht verdienen, zodat voor de scholingsmomenten in het volgende jaar gericht scholing gegeven kan worden en er een logisch programma opgezet kan worden dat voldoet aan de kennisbehoefte van het team.

Functietaak Innovatie en ontwikkeling

De functietaak innovatie en ontwikkeling kan hierbij tot uiting komen door het zoeken naar mogelijkheden om digitale toetsing te bewerkstelligen. Door digitale toetsing kunnen resultaten snel statistisch worden weergegeven en geanalyseerd. Met deze data kan een vergelijk gemaakt worden met eventueel volgende jaren en kan gekeken worden in welke thema's meer of minder onderwijs behoeven. Ook kan zo bijvoorbeeld inzichtelijk gemaakt worden welke groep collegae het meest behoefte heeft aan scholing (intensivisten, arts-assistenten, IC-verpleegkundigen of IC-verpleegkundigen in opleiding) en of aanvullend onderwijs naast de IC-opleiding bijvoorbeeld wenselijk is voor IC-verpleegkundigen in opleiding.

Functietaak Deskundigheidsbevordering

Het organiseren en verzorgen van onderwijs is inherent aan de functietaak van deskundigheidsbevordering. Zo zal door de renal practitioner bekeken worden welke onderwijsmomenten het meest geschikt zijn voor welke onderwijsthema's en zal naast deze regelmatige onderwijsmomenten ook in de vorm van 'bed-side teaching' kennis en vaardigheden worden onderwezen. Door methodisch te werk te gaan kan het meeste rendement worden behaald in het geven van onderwijs. Hierbij dienen duidelijke onderwijsdoelen geformuleerd te worden, didactische werkvormen te worden gekozen en dient bijpassend lesmateriaal te worden gemaakt om de onderwijsdoelen te kunnen behalen. Daarnaast dient, zoals reeds genoemd, dit behalen van onderwijsdoelen ook getest te worden.

Functietaak Kwaliteit

Door een bijdrage te leveren aan de deskundigheid van collega's omtrent renale onderwerpen, kennis te vergroten en tevens te toetsen, wordt de kwaliteit van zorg mogelijk verbeterd. Daarbij dient de renal practitioner wederom een voorbeeldfunctie uit te dragen om professionaliteit te bevorderen.

Aanbeveling 3.

“Het verrichten van verder onderzoek naar het effect van het verhoogd arterieel bicarbonaat op diverse uitkomstmaten en de mogelijke rol van reductie in filterfunctie hierbij.”

Functietaak Zorg

Door evaluatie van zorgstrategieën bij patiënten met nierfunctie vervangende therapie, is de practitioner in opleiding gedurende de opleidingstijd al van start gegaan met implementatie van serum- en effluent ureumbepalingen op dagelijkse basis. Dit is geïmplementeerd om dagelijks een impressie te verkrijgen van filterpermeabiliteit en daarmee geleverde CRRT-dosis. Dergelijke evaluatie en innovatie van zorg is inmiddels standard of care en kan bijdragen in toekomstig onderzoek, omdat dit van ondersteunende waarde kan zijn voor het monitoren van filterpermeabiliteit en een eventueel risico op een verhoogd bicarbonaat. Zo kunnen evaluaties van zorgstrategieën doorschemeren van de functietaak zorg naar het verrichten van onderzoek. Het opstellen van de onderzoeksparameters komt op logische wijze voort uit de dagelijkse beroepspraktijk.

Functietaak Onderzoek

Uit de resultaten van dit onderzoek bleek dat het verrichten van meer onderzoek wenselijk is alvorens harde conclusies te kunnen ontleen over diverse betrokken uitkomstparameters en hun relatie met een persisterend verhoogd bicarbonaat. Door het lezen van wetenschappelijke literatuur werden aanvullende parameters interessant bevonden voor vervolgonderzoek. De aanwezigheid van een verhoogd bicarbonaat zou namelijk via remming van de ventilatoire drive mogelijk invloed kunnen hebben op het weanen van mechanische ventilatie. In een vervolgonderzoek zou dit wellicht in samenwerking met de ventilation practitioner verder geëxploreerd kunnen worden. Het initiëren van verder onderzoek naar het reeds beschreven fenomeen valt dus volledig onder de functietaak ‘onderzoek’.

Functietaak Innovatie en ontwikkeling

Indien uit vervolgonderzoek daadwerkelijk naar voren zou komen dat een persisterend verhoogd bicarbonaat grote gevolgen heeft voor mortaliteit, opnameduur en eventuele andere uitkomstmaten, zou ontwikkeling of innovatie van de huidige standaardzorg wellicht nodig zijn om dit te voorkomen. Daarbij is het altijd interessant om met partners uit de industrie of andere medische centra te kijken naar dit fenomeen en elkaars visie hierover aan te horen. Wellicht dat uit samenwerkingsverbanden interessante inzichten of verbeteringsmogelijkheden kunnen komen die het verrichten van verder onderzoek kunnen ondersteunen.

Functietaak Deskundigheidsbevordering

Bij aanvullende kennis over het fenomeen van verhoogd bicarbonaat tijdens CVVHD met RCA kan dit zeker gebruikt worden in de bevordering van deskundigheid van collegae. Indien aanvullend onderzoek bijvoorbeeld laat zien dat er een direct verband is met uitkomstparameters, dienen ook collegae hiervan deelgenoot gemaakt te worden om kwaliteit van zorg te vergroten.

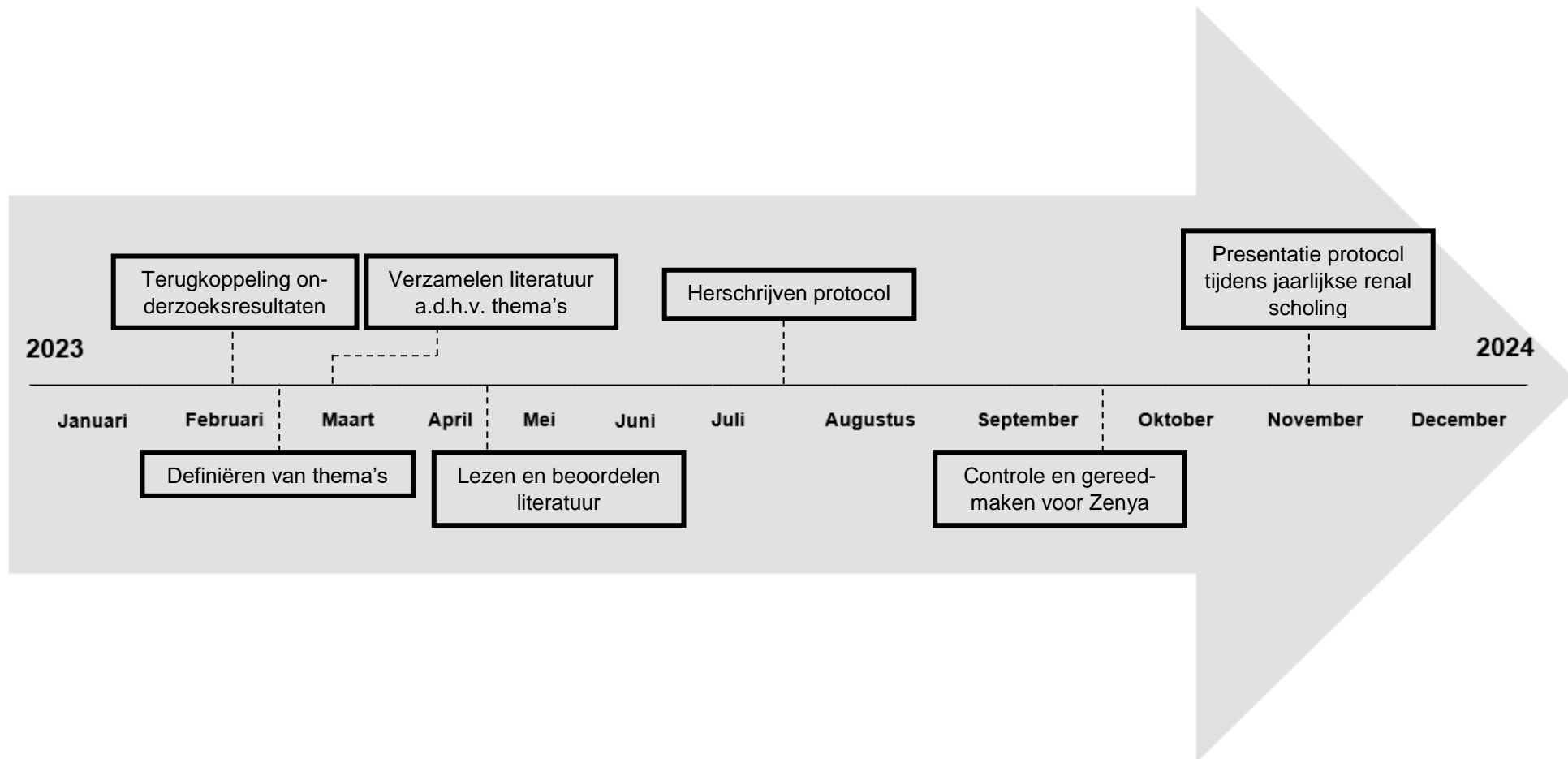
Functietaak Kwaliteit

De uitkomsten van een groter onderzoek kunnen worden gebruikt om de kwaliteit van zorg voor patiënten op de intensive care van het Maasstad Ziekenhuis te verbeteren. De uitkomsten kunnen worden doorgevoerd in protocollen en bijdragen aan optimalisering van de zorg. Niet alleen uitkomsten van onderzoek kunnen interessant zijn voor de praktijk, maar ook vice versa kan dit werken. Door te kijken naar hoe in andere centra protocollair wordt omgegaan met verhoogd arterieel bicarbonaat ten tijde van nierfunctie vervangende therapie met regionale citraat anticoagulatie, kan wellicht inspiratie worden opgewekt voor een gedegen onderzoeksprotocol.

Bijlage 6. Tijdsplanning implementatie van aanbevelingen

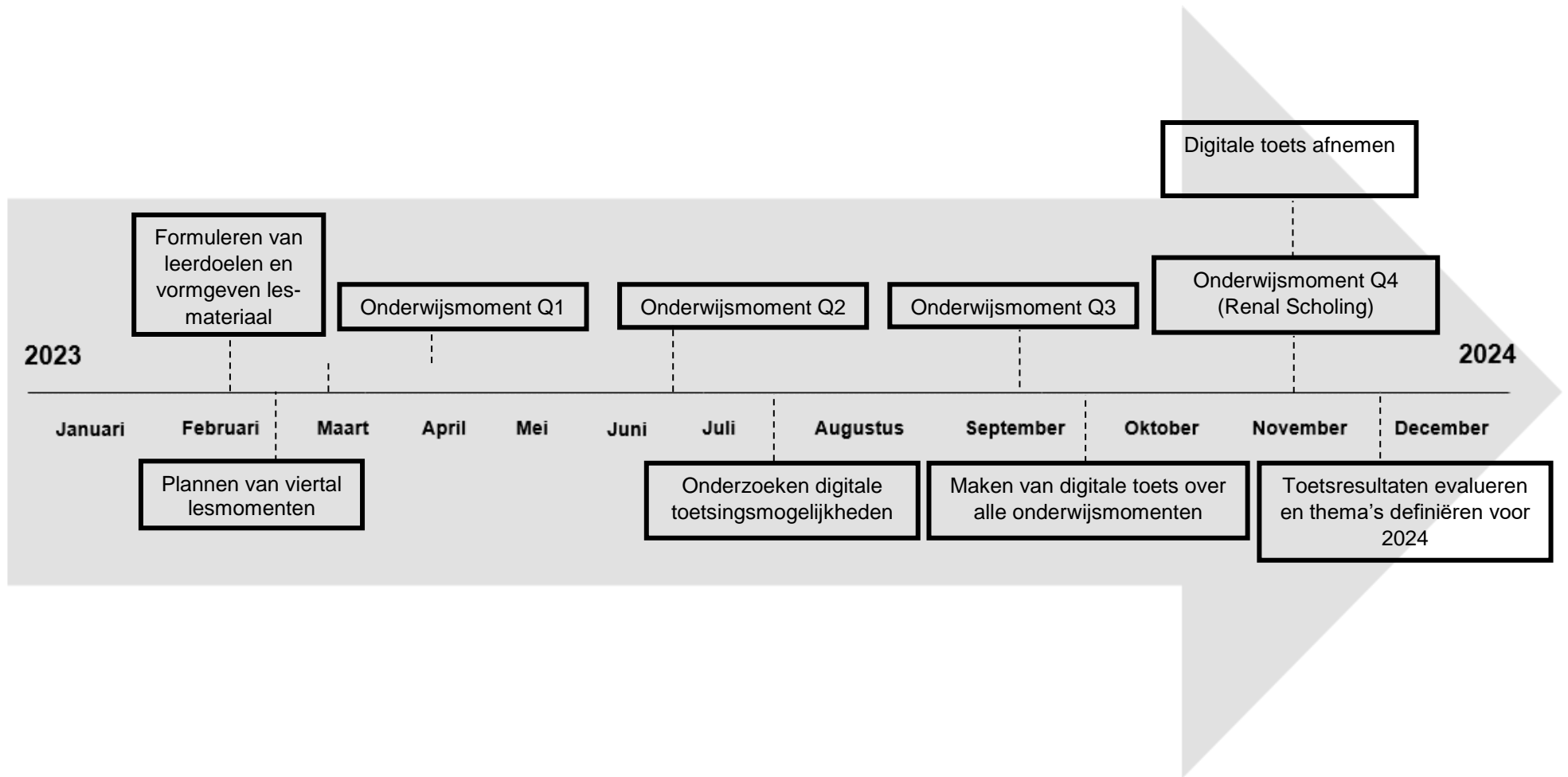
Aanbeveling 1.

“Revisie van het gehele CRRT-protocol, zodat dit voor alle IC-disciplines toegankelijk en conform de meest recente wetenschappelijke inzichten is en waar mogelijk als basis voor uniform handelen dient.”



Aanbeveling 2.

“Het op regelmatige basis organiseren van onderwijs voor IC-verpleegkundigen en IC-verpleegkundigen in opleiding om de kennis te vergroten over nierfunctie vervangende therapie in het algemeen en het aansturen van de specifieke nierfunctie vervangende therapie in het Maastricht Ziekenhuis.”



Aanbeveling 3.

“Het verrichten van verder onderzoek naar het effect van het verhoogd arterieel bicarbonaat op diverse uitkomstmaten en de mogelijke rol van reductie in filterfunctie hierbij.”

