

Gäller för: Verksamhet Anestesi Operation IVA Östra
Innehållsansvar: Malin Andersson, (malan19), Överläkare
Godkänd av: Martin Hubrich, (marhu11), Verksamhetschef

Giltig från: 2025-08-22

Giltig till: 2027-01-20

CRRT – behandling och antikoagulation

Revideringar i denna version

2024-04-10. Ny formatmall. Byte rutinnamn från [Dialys på IVA 343](#).

Innehåll

Syfte	2
Kontinuerlig dialys eller intermittent hemodialys?.....	2
Kärlaccess	2
Citratantikoagulation.....	2
Priming.....	3
Kontroll av citratbehandlingen.....	6
Energiinnehåll i citrat	8
Citratackumulation	8
Metabol acidosis utan citratackumulation	9
Metabol alkalos	9
Dialys utan citratantikoagulation	10
Systemisk antikoagulation med heparin.....	10
CRRT utan antikoagulation med heparin eller citrat	11
Filtrationsfraktion och risk för att filtret skall sätta igen	12
Dysekvilibrumssyndrom.....	12
Granskare/arbetsgrupp	12

Syfte

Att beskriva hur kontinuerlig njurersättningsterapi skall bedrivas på IVA. Det tekniska handhavandet av dialysapparaten beskrivs i en särskild rutin.

Kontinuerlig dialys eller intermittent hemodialys?

I normalfallet ges kontinuerligt som så kallad *continuous renal replacement therapy*, CRRT, vilken utförs av IVA:s personal och med IVA:s dialysapparater.

Vid metformininducerad laktacidosis och vissa andra förgiftningstillstånd, exempelvis svår litiumförgiftning, skall dialysbehandlingen ges som mer effektiv *intermittent hemodialys*, IHD, vilken utförs av personal från njurmedicin och med deras dialysapparater.

Kärlaccess

I första hand läggs dialyskatetern in i vena jugularis interna dexter, i andra hand i endera vena femoralis, i tredje hand används vena jugularis interna sinister.

Vid citratantikoagulation ska dialyskatetern förutom de två dialysskänkarna även ha en tunn tredje lumen där en kalciuminfusion kopplas. Vid övertag av patient från annat sjukhus med dialyskateter utan tredje lumen kan kontinuerlig infusion av kalcium ges i en central venkateter om det inte finns tid eller möjlighet att byta ut dialyskatetern. Kalciuminfusionen får aldrig gå i perifer infart på grund av kärlirritation och risk för nekrosbildning.

Citratantikoagulation

För att koagulationen skall fungera behövs tillgång till fritt kalcium (Ca^{2+}) i blodet. Aktivering av bland annat faktor II (trombin) och faktor X är kalciumberoende. Citrat bildar kelatkomplex med kalcium vilket minskar mängden fritt kalcium och förhindrar koagulation. Vid CRRT tillförs citrat som antikoagulantia till dialyskretsen innan filtret. De bildade citrat-kalciumkomplexen försvinner till stor del (30–60 %) i ultrafiltratet. Efter filtret tillförs kalcium så att nivåerna är normala när blodet återförs till patienten. Därmed påverkas inte patientens koagulation. De citrat-kalciumkomplex som tillförs patienten omsätts i lever, muskler och njurar varvid citratet omvandlas till bikarbonat och kalcium frigörs. När citrat omsätts bildas det tre molekyler bikarbonat per citratmolekyl. Det frigörs även 0,59 kcal per mmol omsatt citrat. Eftersom citrat bara har blodförtunnande effekt i dialyskretsen måste patienten ges sedvanlig trombosprofilax.

Priming

Krets och filter primas med heparin både vid regional antikoagulation med citrat och vid systemisk antikoagulation med heparin enligt följande:

- Primingvätska natriumklorid 9 mg/ml, 2000 ml + 2 ml tillsatt heparin 5000 IE/ml (totalt 10 000 IE).

Heparin tillsätts om inte kontraindikationer föreligger, ex. heparininducerad trombocytopeni (HIT).

Filter

ST150 är standard.

Patientvikt

För att beräkna avflödesdos används patientens *korrigerade idealvikt* (adjusted IBW).

Ordinationer vid antikoagulation med citrat

Följande måste ordinerars innan dialys med regional citratantikoagulation påbörjas.

Dialysform

CVVHDF är standard

Blodflöde

Ställs in enligt tabell 1.

Citratdos

Man måste ange vilken koncentration av citrat blodet skall ha. Vid start av ny behandling ställs alltid dosen 3 mmol/L in. Citrat tillförs med PBP-vätskan (*Regiocit*) som innehåller 18 mmol citrat per liter. Utifrån vilket blodflöde som valts ställer dialysmaskinen automatiskt in flödet av *Regiocit* för att den ordinerade citratkoncentrationen skall uppnås. PBP-flödet (*Regiocit*) kan alltså bara ändras indirekt genom att antingen citratdosen eller blodflödet ändras.

Kalciumkompensation

Man måste ange hur mycket kalcium som skall tillföras patienten efter filtret för att normalisera koncentrationen av joniserat kalcium och återställa blodets förmåga att koagulera.

Vid början av ny behandling ställs en kalciumkompensation på 100 % in, vilket innebär att hela den beräknade kalciumförlusten ersätts. Graden av kalciumkompensation ändras vid behov utifrån vad som anges i tabell 3 nedan. Kalcium ges som infusion av Kalciumklorid APL 500 µmol/mL (20 mg/mL) i tredje lumen på CDK. Om blodflöde och därmed PBP-flödet ändras kommer dialysmaskinen automatiskt att ändra infusionshastigheten av kalcium för att upprätthålla en oförändrad grad av kalciumersättning.

Dialysatflöde

Det citrat i PBP-vätskan (*Regiocit*) som inte filtreras bort kommer bilda bikarbonat i kroppen. Dessutom har *Regiocit* ett lågt kloridinnehåll. Bägge dessa faktorer kommer att leda till metabol alkalos hos patienten.

Dialysatvätskan (*Biphozyl*) innehåller relativt lite bikarbonat och en relativt hög koncentration av klorider, för att motverka metabol alkalos.

Flödesförhållandena mellan PBP- (*Regiocit*) och dialysatvätskan (*Biphozyl*) påverkar alltså patientens pH. *Biphozyl* är kalciumfri för att inte störa effekten av citrat.

Ersättningsflöde

Som ersättningsvätska efter filtret används *Phoxilium* som innehåller kalcium men också en högre mängd bikarbonat och mindre klorider än *Biphozyl*.

Flödet ställs i normalfallet in enligt tabellen nedan, men ersättningsvätskans flöde kan ökas om man vill uppnå antingen ökad konvektivt avflöde eller en allmänt ökad avflödesdos. Ersättningsvätskans flöde kan påverka hur stor mängd citrat-kalcium-komplex som via konvektion försvinner med ultrafiltratet.

Tabell 1: Inställning av flöden

Vikt kg ¹	Blodflöde (mL/minut)	Flöde av Regiocit före filtret (mL/h) ²	Dialysatflöde (mL/h) ³	Ersättningsflöde efter filtret (mL/h) ⁴	Teoretisk avflödesdos (mL/kg/h) ⁵
50	100	1000	1000	200	44
60	110	1100	1100	400	43
70	120	1200	1200	500	41
80	130	1300	1300	500	38
90	140	1400	1400	500	36
100	150	1500	1500	600	36
110	160	1600	1600	700	36
120	170	1700	1700	800	35
130	180	1800	1800	1000	35

1. Patientens korrigerade idealvikt används
2. Regiocitflödet ställs in automatiskt av maskinen utifrån ordinerat blodflödet och citratdos.
3. Förhållandet mellan Regiocitflöde och dialysatflöde kan påverka syrabasbalansen. Efter ändringar i blodflöde eller citratdos kan det därför vara nödvändigt att ändra dialysatflödet i samma riktning för att inte pH skall ändras.
4. Ersättningsflödet kan ökas för att uppnå en större andel konvektivt flöde eller för att öka avflödesdosen i allmänhet.
5. Värdet är inte korrigerat för den spädningsfaktor som PBP-vätskan utgör som minskar filtereffekten. Inte heller är värdet korrigerat för att dialysbehandlingar sällan pågår oavbrutet under ett dygn. Vanligen anges effekten av PBP-vätskan på dialysdosen som en så kallad spädningsfaktor, vilken kan skattas enligt följande: $\text{blodflödet (mL/tim)} / (\text{blodflödet (mL/tim)} + \text{PBP-flödet (mL/tim)})$.

Ökning av avflödesdos med bibehållet förhållande mellan dialys och konvektion

Enklast kan avflödesdosen ökas genom att inställningarna för blodflöde, dialysatflöde och ersättningsvätskeflöde ändras till dem som anges för en patient med en 10 kg högre vikt. För en patient med en korrigerad idealvikt på 80 kg skulle dialysapparaten i så fall ställas in som om patientens korrigerade idealvikt i stället var 90 kg, vilket skulle ge en högre avflödesdos.

Alternativt kan blodflödet ökas med 10–20 mL/min. PBP-flödet kommer att ökas automatiskt av dialysmaskinen. Om det uppstår en metabol alkalos kan dialysatflödet ökas med 250–500 mL/timme.

Ökning av avflödesdos med ökad konvektion

Avflödesdosen och samtidigt andelen konvektion kan ökas genom att ersättningsvätskeflödet ökas i steg om 200 mL/timme tills önskad dialysdos uppnåtts.

Minskning av avflödesdos med bibehållet förhållande mellan dialys och konvektion

Enklast kan avflödesdosen minskas genom att inställningarna för blodflöde, dialysatflöde och ersättningsvätskeflöde ändras till dem som anges för en patient med en 10 kg lägre vikt. För en patient med en korrigerad idealvikt på 80 kg skulle dialysapparaten i så fall ställas in som om patientens korrigerade idealvikt i stället var 70 kg, vilket skulle ge en lägre avflödesdos.

Alternativt kan blodflödet minskas med 10–20 mL/min. Observera att lägsta möjliga blodflöde är 100 mL/min. PBP-flödet kommer att minskas automatiskt av dialysmaskinen. Om det uppstår en metabol acidosis kan dialysatflödet minskas med 250–500 mL/timme.

Minskning av avflödesdos med minskad konvektion

Mängden konvektion kan minskas genom att ersättningsvätskeflödet minskas i steg om 200 mL/timme. Observera att minsta möjliga ersättningsvätskeflöde är 200 mL/timme.

Tabell 2: Lämpliga flödesinställningar

Blodflöde	100–180 mL/minut
Dialysatflöde	1000–2500 mL/timme
Ersättningsflöde	200–1500 mL/tim
Citratdos	2,0–4,0 mmol/L
Kalciumkompensation	25–200 %

Kontroll av citratbehandlingen

Joniserat kalcium skall vara inom normalområdet vid behandlingsstart.

Tre kalciumvärden skall kontrolleras regelbundet:

- **Totalkalcium** tas dagligen som morgonprov. Används för att upptäcka citratansamling.
- **S-Ca²⁺** (fritt kalcium) mäts i blodgas. Skall vara mellan 1,0–1,2 mmol/L. Ger ett mått på om kalciumkompensationen är rätt inställd.
- **Post filter Ca²⁺** (pf-Ca²⁺) provtas i den blå injektionsporten efter filtret, i dialyskretsen. Skall vara mellan 0,25–0,50 mmol/L. Ger ett mått på om citratdosen är korrekt inställd.

S-Ca²⁺ och pf-Ca²⁺ tas rutinmässigt en och tre timmar efter att behandling påbörjats. Vid stabila värden kontrolleras S-Ca²⁺ och pf-Ca²⁺ sedan var sjätte timme.

Tabell 3: Citratdos och kalciumkompensation ändras enligt tabellen nedan, utifrån uppmätta värden för S-Ca²⁺ och pf-Ca²⁺

	Högt Pf-Ca²⁺ >0,5 mmol/L	Normalt Pf-Ca²⁺ 0,25–0,5 mmol/L	Lågt Pf-Ca²⁺ <0,25 mmol/L
Lågt S-Ca²⁺ < 1,0 mmol/L	Citratdosen ökas med 0,5 mmol/L och kalciumkompensation ökas med 10%	Kalciumkompensation ökas med 10 %	Citratdosen minskas med 0,5 mmol/L (Kalciumkompensationen ökas med 10 %)
Normalt S-Ca²⁺ 1,0-1,2 mmol/L	Citratdosen ökas med 0,5 mmol/L	Ingen åtgärd	Citratdosen minskas med 0,5 mmol/L
Högt S-Ca²⁺ >1,2 mmol/L	Kalciumkompensation minskas med 10% (Citratdosen ökas med 0,5 mmol/L)	Kalciumkompensation minskas med 10 %	Citratdosen minskas med 0,5 mmol/L Kalciumkompensation minskas med 10 %

Vid S-Ca²⁺ lägre än 0,8 mmol/mL ges 10 mL kalciumglukonat intravenöst.

Tabell 4: Elektrolytinhåll (mmol/L) i olika dialysvätskor

	Regiocit	Biphozyl	Phoxilium
Natrium (Na⁺)	140	140	140
Kalium (K⁺)		4	4
Magnesium (Mg²⁺)		0,75	0,6
Klorid (Cl⁻)	86	122	115,9
Vätefosfat (HPO₂²⁻)		1	1,2

	Regiocit	Biphozyl	Phoxilium
Vätekarbonat (HCO ₃ ⁻)		22	30
Kalcium (Ca ²⁺)			1,25
Citrat (C ₆ H ₅ O ₇ ³⁻)	18		

Energiinnehåll i citrat

Citrat omsätts i citronsyracykeln. Energiinnehållet är 0,59 kcal per mmol förbrukad citrat. Hur stor dos citrat och därmed hur många kilokalorier som tillförs en patient beror dels på citratdosens storlek, dels på hur stor mängd av citratet som försvinner med ultrafiltratet och aldrig når patienten. Det är omständligt att räkna ut exakt hur mycket energi som tillförs varje enskild patient vid citratantikoagulation. Dessutom blir beräkningen svårligen helt exakt. I stället används ett schablonvärde på 200 kcal tillförd energi per dygn hos patienter som dialysbehandlas med citratantikoagulation.

Citratackumulation

Vid svår leversvikt eller cirkulatorisk svikt med nedsatt vävnadsperfusion kan omsättningen av citrat vara otillräcklig. Det finns då risk att citrat-kalcium-komplex ansamlas i kroppen, vilket leder till metabol acidosis. Mängden joniserat kalcium kommer i så fall även att minska eftersom det kalcium som skulle frigjorts vid omsättningen av citrat-kalcium-komplexen förblir bundet till citrat. Följande kan vara tecken på citratackumulation:

- Ökande behov av kalciumkompensation.
- En kvot mellan totalkalcium/Ca²⁺ >2,5. Vid mätning av total kalcium ingår allt kalcium i blodbanan, även det citratbundna. Ökar mängden citratbundet kalcium så ökar även kvoten totalkalcium/Ca²⁺.
- Metabol acidosis med högt anjongap och ökande SIG (*strong ion gap*)

Ökande laktat, som ett tecken på nedsatt vävnadsperfusion, skall väcka tanken att citratomsättningen kan bli påverkad vid cirkulatorisk svikt.

Vid citratackumulation måste citrattillförseln minskas eller helt avbrytas. Följande åtgärder kan i angiven ordning vidtas:

- Minskning av blodflödet i steg om 10 mL/min ned till 100 mL/min.

- Minskning av citratdosen i steg om 0,5 mmol/L ned till 2,0 mmol/L. Värdet för pf-Ca²⁺ skall helst vara <0,5 mmol/L men kan om nödvändigt tillåtas att stiga högre.
- Ökning av flödet av ersättningsvätska för att öka avflödesdosen.

Effekten av åtgärder skall utvärderas en gång per timme tills stabil förbättring inträtt. Om åtgärderna ovan inte ger tillräcklig effekt skall citratbehandlingen avbrytas. Antingen fortsätts då CRRT utan antikoagulantia eller med heparininfusion.

Metabol acidosis utan citratackumulering

Om blod- och därmed även PBP-flödet är för lågt i förhållande till dialysatflödet kan metabol acidosis uppstå. Dialysvätskan (*Biphozyl*) har ett relativt lågt bikarbonat innehåll (22 mmol/L) och ett relativt högt klorid innehåll (122 mmol/L). Klorid innehåll i dialysvätskan är det som påverkar hur dialysvätskan påverkar syra-basstatus.

När metabol acidosis uppstår under behandling med citrat måste alltid citratackumulering uteslutas! Kontrollera att kvoten Total-Ca / Ca²⁺ är < 2,5.

Följande åtgärder kan övervägas vid metabol acidosis utan citratackumulering (metabol acidosis med normalt anjongap):

- Minska dialysatflödet med 250–500 mL/tim. Teoretiskt kommer en sänkning av dialysatflödet leda till att pH stiger, men effekten är ofta mindre än förväntat.
- Öka blodflödet. Detta kommer leda till en ökad tillförsel av citrat eftersom PBP-flödet också ökar för att upprätthålla citratkoncentrationen i blodet. Därmed i slutändan en ökad mängd bikarbonat tillförs blodet. Det är även så att PBP-vätskan är hypokloremisk vilket gör den alkaliserande.
- Öka citratdosen så att pf-Ca²⁺ ligger så nära 0,25 som möjligt.
- Buffra med 100mL Natriumbikarbonat 50 mg/mL (60 mmol HCO₃⁻) iv, gärna givet som intravenös infusion över en eller ett par timmar.

Metabol alkalosis

Vid tillförsel av citrat som omvandlas till bikarbonat kan metabol alkalosis uppstå. En alternativ förklaring till att den metabola alkalosen uppkommer är det låga klorid innehåll i PBP-vätskan. Ingen ökning av vare sig totalcalcium eller kvoten Total-Ca / Ca²⁺ ses.

Följande åtgärder kan övervägas:

- Öka dialysatflödet med 250–500 mL/tim. Teoretiskt kommer en ökning av dialysatflödet leda till att pH sjunker, men förändringen är ofta mindre än förväntat.
- Sänk blodflödet. Då kommer mindre mängd citrat och hypokloremisk vätska tillföras patienten och pH sjunka.
- Sänk citratdosen så att pf-Ca^{2+} ligger så nära 0,5 som möjligt.
- Öka ersättningsvätskan för att öka ultrafiltration av citrat-calcium-komplex.

Dialys utan citratantikoagulation

När det av medicinska skäl är olämpligt att använda regional citratantikoagulation, eller det finns andra skäl, kan dialysen genomföras antingen helt utan annan antikoagulantia än den trombosprofylax patienten får, eller med systemisk heparinbehandling.

Systemisk antikoagulation med heparin

När Heparin används som blodförtunnande medel ges det som en kontinuerlig infusion och doseras utifrån separat rutin.

Dialyskretsen och filtret primas med 2 mL Heparin (5000 E/mL) tillsatt i 2000 mL lösning.

- **Dialysform**
CVVHDF är standard
- **Blodflöde**
Skall i normalfallet startas med 250 mL/timme, men kan ställas in mellan 200–300 mL/tim.
- **Vätska**
Phoxilium används som ersättningsvätska såväl före som efter dialysfiltret samt som dialysvätska.
- **Predilution**
Vätska som tillförs före filtret benämns predilution.
- **Postdilution**
Vätska som tillförs efter filtret benämns postdilution.

Avflödesdos

Avflödesdosen beräknas som predilution (mL/h) + dialysatflöde (mL/h) + postdilution (mL/h) + vätskeborttag (mL/h) / korrigerad idealvikt.

Avflödesdosen bör som rutin vara omkring 30 mL/kg/timme.

Fördelning dialysvätska/ersättningsvätska

Den totala avflödesdosen måste fördelas mellan predilution, dialysatflöde, postdilution och vätskeborttag.

En vanlig ordination är att 1/2–2/3 av avflödesdosen består av dialysat och den resterande 1/2–1/3 fördelas mellan pre- och postdilution. För att förhindra att blodet koagulerar i avluftningskammaren skall flödet efter dialysfiltret (postdilution) vara minst 200 mL/tim.

Vid exempelvis rbdomyolys eller sepsis bör graden av konvektion vara hög, vilket kan åstadkommas genom att en större andel av avflödesdosen ges som ersättningsvätska.

Ersättningsvätska före filtret späder blodet och minskar effekten av CRRT, vilket kan ha betydelse vid exempelvis intoxicationer.

Förslag på ordination av vätskor vid CRRT med tyngdpunkt på diffusion och med en teoretisk avflödesdos på 30 mL/kg/tim utan vätskeborttag

Korrigerad ideal kroppsvikt (kg)	50	60	70	80	90	100
Ersättningsflöde före filtret (predilution)	250	300	350	400	500	600
Dialysatflöde	1000	1100	1300	1500	1700	1900
Ersättningsflöde efter filtret (postdilution)	250	400	450	500	500	500
Vätskeborttag	Ordineras individuellt och skall adderas till avflödesdosen					

CRRT utan antikoagulation med heparin eller citrat

Om inte kontraindikationer föreligger primas dialyskretsen och filtret med 2 mL Heparin (5000 E/mL) tillsatt i 2000 mL lösning.

Inställningar avseende vätskor och flöden är samma som vid systemisk antikoagulation.

Om behovet uppstår att påbörja antikoagulantia med heparin efter uppstart är det möjligt att installera en spruta med heparin under pågående drift.

Filtrationsfraktion och risk för att filtret skall sätta igen

Filtrationsfraktionen är ett mått på hur stor andel av plasmaflödet genom dialyskretsen som filtreras ut över filtrats membran. Den beräknas enligt följande formel:

- $$\frac{\text{Ultrafiltratet (predilution (mL/tim) + postdilution (mL/tim) + \text{vätskeborttag (mL/tim)}) (mL/tim)}}{(\text{plasmaflöde (blodflöde (mL/min) x 60 x (1-\text{hematokrit}) + \text{predilution (mL/min)}) (mL/min))}$$
 och anges av dialysmaskinen.

Målet är att filtrationsfraktionen skall vara <20%. Vid en filtrationsfraktion >30% ökar risken för att filtret skall sättas igen. När patientens hematokrit är låg kan en högre filtrationsfraktion accepteras. För att sänka filtrationsfraktionen kan ultrafiltratet minskas och dialysflödet ökas för att avflödesdosen skall förbli oförändrad.

Ett högre flöde av ersättningsvätskan innan filtret (PBP) späder blodet, vilket minskar risken för att det skall koagulera i filtret men spädningen gör även att dialyseffekten blir lägre.

Dysekvilibrumssyndrom

Hos patienter med kraftigt förändrad osmolalitet, hög eller låg, bör dialysdosen avpassas så att förändringen i osmolalitet inte blir för hastig. Annars finns risk att hjärnödem med åtföljande illamående, förvirring, kramper och koma uppstår. Tillståndet kallas dysekvilibrumssyndrom och är ovanligt vid kontinuerlig dialys. Om kraftig hyper- eller hyponatremi föreligger kan natriuminnehållet i dialys- och ersättningsvätskor behöva avpassas, men innehållet i Regiocit skall aldrig ändras. Vid mycket högt Urea (>40 mmol/L) används lämpligen en lägre avflödesdos, framför allt kan flödet av dialysvätskan sänkas.

Granskare/arbetsgrupp

Marie Becker VÖL AnOpIVA Område 5

Randolph Schnorbus VÖL AnOpIVA Område 5

Martin Jonsson, specialistsjuksköterska, MT-samordnare AnOpIVA Område 5

Sara Aronsson, specialistsjuksköterska AnOpIVA Område 5

Emma Gullman, specialistsjuksköterska, Instruktör AnOpIVA Område 5

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Verksamhet Anestesi Operation IVA Östra

Innehållsansvar: Malin Andersson, (malan19), Överläkare

Godkänd av: Martin Hubrich, (marhu11), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9805-1593997-3163

Version: 3.0

Giltig från: 2025-08-22

Giltig till: 2027-01-20