

VIDENSKAB OG PRAKSIS | STATUSARTIKEL

34. Soykan A, Araspaşlan B, Kumbasar H. Suicidal behaviour, satisfaction with life, and perceived social support in end-stage renal disease. *Transplant Proceedings* 2003;35:1290-1.
35. Kyvik K, Stenager EN, Green A et al. Suicides in men with IDDM. *Diabetes Care* 1994;17:210-2.
36. Timonen M, Viilo K, Sarkioja T et al. Suicides in persons suffering from rheumatoid arthritis. *Rheumatol* 2003;42:1571-2.
37. Karassa FB, Magliano M, Isenberg DA. Suicide attempts in patients with systemic lupus erythematosus. *An Rheumatol Dis* 2003;62:58-60.
38. Marzuk PM, Tardiff K, Leon AC. HIV seroprevalence among suicide victims in New York City, 1991-1993. *Am J Psychiatr* 1997;154:1720-5.
39. Coté TR, Biggar RJ, Dannenberg AL. Risk of suicide among persons with AIDS. *JAMA* 1992;268:2066-8.
40. Komiti A, Judd F, Grech P. Suicidal behaviour in people with HIV/AIDS: a review. *Aust NZ J Psychiatr* 2001;35:747-57.

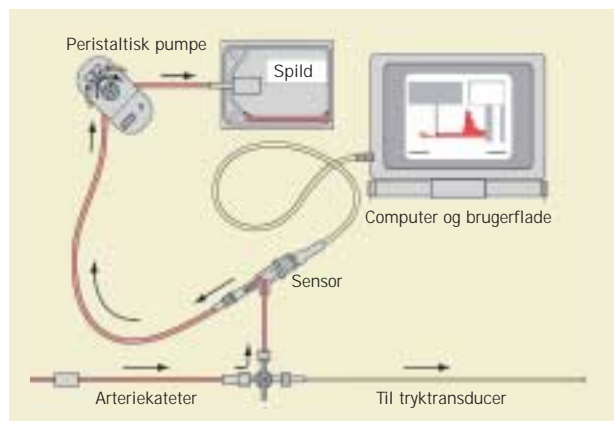
Kredsløbsmonitorering med lithium dilution cardiac output-systemet

Reservelæge Christian Christiansen, overlæge Anette Hostrup, professor Else Tønnesen & overlæge Elsebeth Haunstrup Krogh

Regionshospitalet Horsens, Anæstesiologisk-intensiv Afdeling

Kredsløbsmonitorering af kritisk syge patienter kan bidrage til optimal behandling med væske, inotropika og vasopressorer. Traditionelt har a. pulmonalis-kateteret (Swan-Ganz-kateter) været anvendt til kredsløbsmonitorering, men dette kan være forbundet med alvorlige komplikationer [1].

Øget anvendelse af individuelt målrettet væsketerapi i den perioperative periode har bidraget til, at der er kommet fokus på mindre invasive teknikker, såsom ekkokardiografi og *pulse contour cardiac output* (PiCCO) [2, 3].



Figur 1. *Lithium dilution cardiac output* Plus-systemet består af en computer med en integreret trykfølsom skærm, som er tilkoblet en eksisterende patientmonitor. Under kalibrering tilsluttes en litiumsensoren, som er forbundet med arteriekateteret, hvor en peristaltisk pumpe tilsluttet en overløbspose trækker arterielt blod igennem sensoren. (Illustration gengivet med tilladelse fra Hemax Medical Aps, Herlev).

I denne artikel vil vi beskrive *lithium dilution cardiac output* (LiDCO) Plus-systemet (LiDCO Ltd., Cambridge, Storbritannien), som er en minimalt invasiv kredsløbsmonitorering, der kræver et centralt venekateter (CVK) eller perifer veneadgang og invasiv blodtryksmåling med kateteret typisk anlagt i a. radialis.

Metode

LiDCO Plus-systemet består af en computer med betjeningspanel, en litiumsensoren og en peristaltisk pumpe (Figur 1).

Metoden bygger på en kontinuerlig arterietrykkurveanalyse, den såkaldte *pulse power analysis* (PulseCO), som kalibreres hver ottende time ved en måling af hjertets minutvolumen med litiumfortyndningsteknik (LiDCO) [4]. Minutvolumen målt ved anden metode kan ligeledes anvendes.

Den anvendte *arterial* PulseCO bygger på analyse af hele arteriekurven og ikke blot systolen, som det kendes fra *pulse contour analysis* [3]. Teknikken bygger på teorien om massebevarelse, idet det antages, at nettoenergiændringen ved et hjerteslag er en balance mellem tilført masse ved et slagvolumen minus den masse, der tabes perifert under et hjerteslag. Disse forskelle fra pulskonturanalysen gør, at arterietrykkurvens morfologi er af mindre betydning. Herved er eventuel dæmpning i arterietrykssystemet af mindre betydning.

Arterietrykkurven transformeres via flere trin til et nominelt slagvolumen, som omregnes til aktuelt slagvolumen vha. kalibreringsfaktoren bestemt ved LiDCO.

Ved litiumfortyndningsmetoden indgives en lille, ikke-farmakologisk bolus lithiumchlorid (0,15-0,3 mmol) intravenøst. Via en peristaltisk pumpe trækkes arterielt blod med en hastighed på 4 ml/min forbi en litiumionselektiv elektrode (litiumsensoren), der er tilkoblet arteriekanylen. Sensoren er den centrale del af systemet, og spændingen over denne litiumselektive membran er relateret til plasmalithiumkoncentrationen [5]. Der korrigeres for plasmanatrium, som ved fra-

VIDENSKAB OG PRAKSIS | STATUSARTIKEL

vær af litium bestemmer basisspændingen over membranen. Hjertets minutvolumen (CO) udregnes ved hjælp af arealet under den beregnede førstepassagekurve (primærkurven) for litiumkoncentrationen over tid (Figur 2).

Litium er velegnet som markør, idet det ikke er naturligt forekommende i organismen. Dette medfører et højt signalstøj-forhold, når der måles med den litiumionselektive elektrode. Der er hurtig redistribution og ingen betydende first pass-metabolisme. Små ikkefarmakologiske doser litium kan derfor anvendes uden risiko for litiumtoksicitet.

Validering

Bestemmelse af CO med litiumdilutionsmetoden er i såvel dyrestudier som studier med mennesker fundet at være ligeværdig med termodilutionsbestemmelser med a. pulmonalis-kateter [5, 6]. Med LiDCO Plus-systemet måler man kontinuerligt hjertets minutvolumen (PulseCO) mellem kalibreringerne. Der er god korrelation mellem den kontinuerligt målte minutvolumen (med PulseCO) og minutvolumen målt ved intermitterende kalibrering hver ottende time med litiumdilutionsteknik (LiDCO) [4]. Igangværende studier tyder på, at kalibreringsintervallet kan forlænges til 24 timer.

Monitorering af volumenstatus

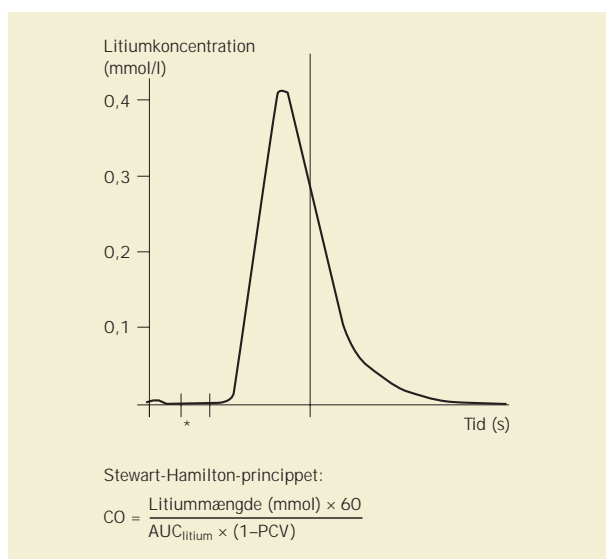
Hos hæmodynamisk ustabile patienter er det vigtigt at identificere dem, som har et kardialt svigt og dermed skal behandles med inotropika/vasopressorer, samt dem, der har et volumenproblem og derfor skal behandles med væske.

Med LiDCO Plus-systemet beregner man ud over CO en række afledte værdier: systolisk trykvariation (SPV), pulstrykvariation (PPV), slagvolumenvariation (SVV), ilttilbud, systemisk karmodstand (SVR) og indekserede værdier.

PPV, SPV og SVV anses alle for at være dynamiske markører for hypovolæmi, ligesom værdierne kan anvendes til forudsigelse af det kardiovaskulære respons på volumen-terapi.

Respiratorbehandling med intermitterende positiv trykventilation vil forårsage cykliske ændringer i venstre ventrikels slagvolumen, således at slagvolumen er maksimalt under den tidlige inspiration og minimalt under den tidlige eksspiration. Ved vurdering af det kardiovaskulære respons på volumen-terapi kan de nævnte dynamiske variable anvendes frem for statistiske variable (såsom venøst tryk og indkilingstryk med a. pulmonalis-kateter) [7].

En PPV større end 13% indikerer, at patienten vil reagere med øgning af hjertets minutvolumen på volumenbelastning med en sensitivitet på 94% og en specificitet på 96%. PPV anses for at være en bedre markør end SPV til forudsigelse af et eventuelt respons på volumenbelastning, men begge markører synes at være bedre end indkilingstryk med a. pulmonalis-kateter [7]. Muligvis afspejler SPV i højere grad ændringer i det intratorakale tryk end ændringer i venstre ventrikels hæmodynamiske forhold [7].



Figur 2. Litiumkoncentrationen som funktion af tiden. Litiumbolus indgives til tiden *. Den sidste del af førstepassagekurven (primærkurven) beregnes pga. recirkulation. Hjertets minutvolumen (CO) beregnes på baggrund af arealet under primærkurven vha. Stewart-Hamilton-princippet (se figur). Hvor AUC_{litium} er arealet under primærkurven, dvs. den beregnede litiumkurve, som den ville have set ud, hvis der ikke var recirkulation. PCV er *packed cell volume*. Der anvendes 1-PCV, idet litium fordeles i plasma. Ved denne kalibrering fås en kalibreringsfaktor, som beskriver arterietræets komplians. Kalibreringsfaktoren anvendes således i kalibreringen af den nominelle slagvolumen, som kontinuerligt måles via arterietrykkurven (PulseCO). (Illustration gengivet med tilladelse fra Hemax Medical Aps, Herlev).

SVV er ligeledes fundet at være en valid markør for re-spanset på volumenindgift. SVV højere end 9,5% angives i et studie at være forbundet med mere end 5% øget slagvolumen efter indgivelse af 100 ml kolloid med en sensitivitet på 79% og en specificitet 93% [8].

Begrænsningen til ovenstående er, at valide undersøgelser kun er foretaget på mekanisk ventilerede patienter med stabil rytme. I yderligere undersøgelser må man klarlægge, om disse markører kan anvendes hos vågne spontant respirerende patienter.

Lithium dilution cardiac output-systemets fordele

LiDCO Plus-systemet beror på en minimalt invasiv teknik, som er let at anvende. Systemet er hurtigt at opsætte og intensivsygeplejersker kan selv varetage opstilling og kalibrering af systemet. Der anvendes arterielle og venøse katetre, der i forvejen ofte er anlagt hos kritisk syge patienter. Komplikations-frekvensen er minimal og relateret til anlæggelse og tilstedeværelse af CVK og arteriekanyler. Metoden giver kontinuerlig monitorering og kan anvendes såvel hos vågne som hos sederede patienter.

Lithium dilution cardiac output-systemets begrænsninger

LiDCO Plus-systemet kan, ligesom andre fortyndingsmetoder, ikke anvendes til patienter med betydelige *shunts* eller svær aortainsufficiens, hvilket litiumkoncentrationskurvens

Faktaboks

Med *lithium dilution cardiac output* (LiDCO)-systemet måler man hjertets minutvolumen og en række afledte værdier kontinuerligt og præcist. Det er minimalt invasivt; kræver perifer arteriekanyler og en venøs adgang. Desuden beregnes dynamiske parametre til volumenmonitorering

form dog kan give mistanke om. Systemet kan ikke anvendes til patienter, som er i litiumbehandling. Desuden påvirker muskelrelaxerende lægemidler sensoren og giver ukorrekte målinger. På grund af en potentiel teratogen virkning af litium frarådes brug af systemet til gravide i første trimester.

Systemet påvirkes af hjerterytmeforstyrrelser, om end i mindre grad end andre pulsbaseerede systemer, pga. software-baseret udledning. Denne usikkerhed kan desuden minimeres ved hyppigere kalibreringer end hver ottende time. Systemet har et potentiale hos børn [9], men er endnu ikke godkendt til patienter med en kropsvægt under 40 kg.

Diskussion

Kredsløbsmonitorering støtter klinikerne i behandlingen af patienter perioperativt og på intensiv terapi-afsnit. Ingen enkeltstående monitorering er dog påvist at kunne øge overlevelsen. Derfor må den anvendte monitorering være forbundet med mindst mulig risiko. Både monitorering med PICCO og a. pulmonalis-kateter indebærer anlæggelse af katetre i de store arterier med en komplikationsrisiko til følge. I modsætning hertil kræver LiDCO Plus-systemet blot et perifert arteriekateter og en venøs adgang. Centralvenøst tryk er dog nødvendigt, såfremt ilttilbud og perifer SVR skal beregnes.

Hjertets minutvolumen bestemmes kontinuerligt og med højere præcision end målinger med a. pulmonalis-kateter, om end der endnu kun er få valideringsstudier.

Netop den lave komplikationsfrekvens åbner mulighed for monitorering og optimering af højrisikopatienter med tidligt målrettet terapi og før organdysfunktion opstår.

I et randomiseret studie omfattende kirurgiske højrisikopatienter var der reduceret komplikationsfrekvens og indlæggelsestid i den gruppe, som postoperativt fik væske- og intro-pikabehandling vejledt af monitorering af *oxygen delivery index* med LiDCO Plus sammenlignet med hos dem, som fik væskebehandling vejledt af centralt venetryk [10].

Omkostningerne ved anvendelsen af LiDCO Plus-systemet inkluderer anskaffelse af apparatet (240.000 kr.) og forbrugsmaterialer. Sidstnævnte indbefatter sensor, injektionsmaterialer og litium, i alt 1.400 kr. pr. 36 timer.

Vi har gennem et halvt år anvendt systemet til 16 patienter, og de gennemsnitlige omkostninger til forbrugsmateriale var knap 2.000 kr. pr. patient. I patientmaterialet indgik foruden kritisk syge patienter også patienter, som udelukkende fik

perioperativ monitorering. Til sammenligning koster et a. pulmonalis-kateter 1.000-2.000 kr. afhængigt af type.

Konklusion

LiDCO Plus er et minimalt invasivt system til perioperativ kredsløbsmonitorering af elektive kirurgiske patienter og af kritisk syge patienter. Systemet er hurtigt at opsætte og let at betjene. Hjertets minutvolumen måles kontinuerligt med stor præcision og reproducerbarhed. Desuden åbnes der mulighed for dynamisk volumenmonitorering. Selv om systemet synes at være lovende, er erfaringerne stadig begrænsede, og der er behov for yderligere valideringsstudier.

Korrespondance: *Christian Christiansen*, Anæstesiologisk Afdeling, Regionshospitalet Horsens, DK-8700 Horsens. E-mail: c.christiansen@dadlnet.dk

Antaget: 11. maj 2007
Interessekonflikter: Ingen

Artiklen bygger på en større litteraturgennemgang. En fuldstændig litteraturliste kan fås ved henvendelse til forfatterne.

Litteratur

1. Wheeler AP, Bernard GR, Thompson BT et al. Pulmonary-artery versus central venous catheter to guide treatment of acute lung injury. *N Engl J Med* 2006;354:2213-24.
2. Bundgaard-Nielsen M, Holte K, Secher NH et al. Monitoring of peri-operative fluid administration by individualized goal-directed therapy. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007;51:331-40.
3. Afshari A, Perner A, Bonde J. Kredsløbsmonitorering af kritisk syge patienter med pulse contour cardiac output-systemet. *Ugeskr Læger* 2006;168:1746-9.
4. Pittman J, Bar-Yosef S, SumPing J et al. Continuous cardiac output monitoring with pulse contour analysis: a comparison with lithium indicator dilution cardiac output measurement. *Crit Care Med* 2005;33:2015-21.
5. Linton R, Band D, O'Brien T et al. Lithium dilution cardiac output measurement: a comparison with thermodilution. *Crit Care Med* 1997;25:1796-800.
6. Kurita T, Morita K, Kato S et al. Comparison of the accuracy of the lithium-dilution technique with the thermodilution technique for measurement of cardiac output. *Br J Anaesth* 1997;79:770-5.
7. Michard F, Boussat S, Chemla D et al. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:134-8.
8. Berkenstadt H, Margalit N, Hadani M et al. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery. *Anesth Analg* 2001;92:984-9.
9. Linton RA, Jonas MM, Tibby SM et al. Cardiac output measured by lithium dilution and transpulmonary thermodilution in patients in a paediatric intensive care unit. *Intensive Care Med* 2000;26:1507-11.
10. Pearce R, Dawson D, Fawcett J et al. Early goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. *Crit Care* 2005;9:R687-R693.