

1. Introductie

Cardiopulmonale bypass (CPB) is een vorm van extracorporele circulatie, waarbij het bloed van de patient buiten het lichaam wordt geoxygeneerd en gedecarboxyleerd en de temperatuur van het bloed kan worden gereguleerd. Dit staat de chirurg toe om te opereren zonder zicht beperkend bloed, terwijl de oxygenatie van alle organen gewaarborgd blijft. Het meest kritische moment is vaak het staken van de CPB, dus de overgang van volledige mechanische circulatie naar spontane hartactiviteit met voldoende eigen bloedflow en -druk. Een optimale voorbereiding met anticipatie op eventuele problemen en goede communicatie binnen het team zijn cruciaal voor een succesvolle ontwenning ('weaning') van de CPB.

2. Checklist voor weaning van CPB

1. Voldoende reperfusietijd na ontklemmen van de aorta (bv. $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ van de totale aortaklemtijd)
2. Normothermie ($> 36.0^{\circ}\text{C}$ centraal (blaas of rectaal))
3. Lab: Hb > 4.5 mmol/l , K 3.5 – 5.5 mmol/l, Ca > 1.1 mmol/l, pH > 7.3
4. Beademing volledig, longen voldoende ontplooid, saturatie $> 95\%$
5. Anesthesie gecontinueerd (Sevofluraan via de beademing of propofol staat aan)
6. Spontaan of gepaced ritme > 60 / min zonder ongewenste (nieuwe) ECG afwijkingen
7. Volledig TEE onderzoek onder partiële bypass: intracardiale lucht, (verandering in) de globale contractiekracht met uitsluiting van segmentale wandbewegingsstoornissen en verandering van of nieuwe klepvitiae
8. Nullen van alle druklijnen en controle van alle monitoring
9. (Zo nodig) Klaarzetten en starten van inotrope, vasoactieve of antiaritmische medicatie, inzetten van een ROTEM
10. Tijdig bestelling en voorbereiden van bloed/-stollingsproducten.
11. Evt. Cardioloog in consult erbij vragen

3. Weaning proces

Alleen als alle teamleden aanwezig en akkoord zijn, wordt het hart op verzoek van de chirurg gevuld. De perfusionist zal hiertoe de veneuze lijn partieel klemmen. Daarna wordt op verzoek van de chirurg en na akkoord van de anesthesioloog steeds stapsgewijs geminderd in veneuze drainage en pomp flow: 100% - 75% - 50% - 25% - minimaal - stop. Deze stappen worden steeds expliciet door de perfusionist teruggemeld. Hierbij worden het hart (met name de preload) en de hemodynamiek via TEE, directe visualisatie en andere waarden, zoals MAP, CVD, PAP en CI, continu door alle teamleden gezamenlijk beoordeeld. In geval van voldoende eigen circulatie en goedkeuring van het chirurgisch resultaat, wordt na consensus eerst veneus en vervolgens arterieel gedecanuleerd en protamine gegeven. De anesthesist meldt duidelijk aan het team wanneer toediening van protamine wordt gestart en vervolgens als de helfte (cardiotomiezuig stop) en de volledige dosis is gegeven.

4. Problemen tijdens weaning

A. Chirurgische problemen

- Onvoldoende revascularisatie of geoccludeerde bypass [ECG, flowmeting, wandbewegingsstoornissen TEE]
- Residuele valvulaire / paravalvulaire lekkages [TEE]
- Intracardiale shunts [TEE]

Therapie: chirurgisch; zo nodig met hervatten CPB (nieuwe graft, klep reconstructie / vervanging, sluiten shunt). Anesthesiologisch moet bij herhaalde/langere CPB-/aortaklemtijd geanticipeerd worden op eventuele ventrikeldysfunctie (zie 4.B.) en/of stollingsstoornissen (zie 2.8.).

B. Ventrikel dysfunctie

- Definitie: verminderde contractiliteit / dilatatie / verminderde relaxatie van LV en/of RV; incidentie 15 – 40% [TEE, hemodynamiek, evt. Swan Ganz Catheter]
- Mogelijke oorzaken: pre-existente dysfunctie, luchtembolie, spasme van een graft of een natief coronairvat, trombus, kinking van een graft, onvoldoende revascularisatie, letsel van coronairvaten na klep- of aortachirurgie en onvoldoende myocardiale protectie tijdens CPB (cardioplegie), waardoor myocardiale stunning
- Risicofactoren: hoge leeftijd, vrouwelijke geslacht, lage LVEF, diastolische dysfunctie, lange CPB-/aortaklemtijd, herhaalde CPB, spoedingreep, pre-existente nierinsufficiëntie, hoofdstam stenose of 3-vatslijden, recent myocardinfarct.

Therapie: na uitsluiten van chirurgisch benaderbare oorzaken, kan besloten worden tot farmacotherapie; Hoewel er aanwijzingen zijn, dat het gebruik van inotropica de outcome van cardiochirurgische patiënten verslechtert, is kortdurende behandeling met inotropica (met name voor risicopatiënten) vaak nodig voor een succesvol weaning van CPB. Er is echter geen evidence voor een voorkeur voor een bepaald inotropicum.

- Farmacotherapie
 - dobutamine, epinephrine, milrinone, levosimendan igv RV dysfunctie en/of pulmonale hypertensie mogelijk bovendien
 - iloprost (verneveling) en/of sildenafil
 - epoprostenol, milrinone vernevelen, NO-beademing (momenteel niet beschikbaar in AMC)
- Elektromechanische ondersteuning
 - biventriculaire pacing (LBTB)
 - Intra Arterial Balloon Pump (evt pre-CPB in te brengen)
 - Ventricular Assist Device / Extra Corporeal Life Support (zo nodig gepland bij high risk patiënten)

C. Vasoplegie / Postcardiotomie syndroom

- Relatief onvoldoende hartminuutvolume ten gevolge van peri-CPB ontstane systemische vasodilatatie en dus lage SVR [TEE, evt. Swan Ganz Catheter], incidentie 4 – 20%; mortaliteit tot 25%; risicofactoren: ACE remmers, AT antagonisten, heparine pre-ok, LVEF < 35%, lange bypass tijd, hoge EURO score

Therapie: Vasopressie d.m.v.

- Norepinephrine
- Phenylephrine
- terlipressine (zie protocol Inotropica ok)
- methyleenblauw 1,5 – 2 mg / kg
- ultima ratio ECLS

D. LVOT obstructie

- Systolic anterior movement (SAM), incidentie ca. 5 – 10% na MV operatie. Risicofactoren: bileaflet proces, myxomateuze klepbladen, hyperdynamische ventrikel;

TEE: septumdikte (>15mm), einddiastolische diameter LV (<45mm), afstand MV coaptatie en LV septum ('c-sept' <25mm), hoogte achterblad MV (>15mm), hoek tussen aorta- en mitraalklep (<120°).

Therapie: 1. medisch (preload (vulling), afterload (vasopressie), vermijden chrono-/inotropie, (evt. bètablokkade),

2. chirurgisch (re-CPB voor mitraalklepplastiek/prothese en/of myectomie van het septum)

E. Aritmieën

- Igv bradycardie, totaal AV-blok of asystolie wordt via epicardiale pacemakerdraden atriaal, ventriculair of sequentieel gepaced (evt. dubbele PM draden)
- Atriumfibrilleren of -flutter: 1. interne cardioversie (10J), 2. optimaliseren vulling / elektrolyten, 3. MgSO₄ en/of amiodarone 150 mg, tenzij preoperatief geen sinusritme aanwezig was
- Ventriculaire tachycardie (VT) of ventrikelfibrillatie (VF) [vaak vlak na declamping van de aorta]:
 - 1. interne defibrillatie met 10 – 20 J,
 - 2. optimaliseren vulling / elektrolyten (MgSO₄ en zo nodig KCl),
 - 3. igv persisterend VF amiodarone 150 – 300 mg. Indien verdacht voor myocardiale ischemie: overweeg herstart CPB.

F. Luchtembolie

- Na open hart procedures kan achtergebleven, intracardiaal lucht na het ontklemmen van de aorta emboliseren naar de coronairvaten of de systemische circulatie. In het eerste geval is dan vanwege de anatomie enerzijds en de zwaartekracht anderzijds meestal de Rechter Coronair Arterie (RCA) betrokken met vervolgens ischemie van de LV onderwand en de RV.
- TEE onderzoek is onontbeerlijk en dus vereist om intracardiale lucht te identificeren en chirurgische ontluchting te begeleiden.

G. Coagulopathie

- CPB leidt tot multifactoriële stollingsafwijkingen, o.a. door fibrinolyse, daling van stollingsfactoren, daling en disfunctie van trombocyten, etc. Hoe langer de CPB-tijd, hoe sterker de afwijkingen; door diepe hypothermie wordt dit effect nog versterkt.
- Bij patiënten met een bekende of verwachte afwijking van de stolling, alsook bij patiënten die ondanks voldoende herstel van de ACT toch nog klinisch versterkte bloedingsneiging laten zien, wordt een ROTEM verricht en de stolling zo nodig gecorrigeerd.

H. Pulmonale complicaties

- Pulmonale complicaties na CPB, van transiënte hypoxemie tot postoperatief ARDS, komen vaak voor (5 – 7%). Primair pulmonale problemen worden veroorzaakt door inflammatoire respons, ischemie/reperfusie-schade en reactieve zuurstofspecies, alsook door transfusie (TRALI).
- Risicofactoren: hoge leeftijd, slechte cardiale functie, lange CPB-tijd, nierinsufficiëntie, spoedingrepen, COPD, obesitas, massale transfusie.
- Behalve voldoende longrecruitment en longprotectieve beademing zijn er tot heden geen aanbevolen preventieve of therapeutische strategieën bekend.

I. Metabole afwijkingen

- Hypocalcaemie belemmert de stolling en cardiale contractiliteit en dient te worden gecorrigeerd met toediening van calciumgluconaat. Een intraveneuze bolus calciumgluconaat verhoogt echter tijdelijk zowel de contractiliteit van het myocard als

de SVR en verhoogt daarbij de vraag om energie en zuurstof, hetgeen een verhoogd risico geeft op reperfusieschade, ventriculaire stijfheid en dus systolische en diastolische dysfunctie.

- Hyperkaliaemie als gevolg van cardioplegie, acidose of acute nierfunctiestoornis kan leiden tot cardiale aritmieën. Overweeg bij preexistente nierfalen i.o.m. de perfusionist al tijdens CPB hemofiltratie (echter met huidige filters beperkte effectiviteit). Post-CPB kan calciumgluconaat, bicarbonaat, insuline/glucose, furosemide en spoedige, postoperatieve hemodialyse overwogen worden. (Eventueel kan daarvoor nog op OK een dialyselijn worden ingebracht.)
- Hypokaliaemie (< 3.5 mmol/l) kan tot aritmieën leiden en moet worden gesuppleerd.
- Hyperglycaemie komt vaak voor en leidt mogelijk tot verhoogde morbiditeit en mortaliteit. Igv een serumglucose > 10 mmol/l is behandeling met insuline geïndiceerd (bolus en/of continu) met vigilante preventie van hypoglycemie, omdat dit het gunstige effect van behandeling van hyperglycemie volledig wegneemt.

Literatuur

1. Licker M et al. Ann Card Anaesth. 2012;15(3):206-23
2. Lombard FW et al. Curr Opin Anaesthesiol. 2011;24(1):49-57
3. Gravlee GP et al. Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice. 2nd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 2007
4. Murphy GS et al. Anesth Analg. 2009;108(5):1394-417
5. Fisher GW et al. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2010;22(2):140-4
6. Omar S et al. Am J Med Sci. 2015;349(1):80-8
7. Cui WW et al. Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2015;29(2):257-270