

**ANNEXE A (CHAPITRE 04)**

**ASPECTS PRATIQUES DE**

**L'ANESTHESIE CARDIAQUE**

**CHEZ L'ADULTE**

**Edition: Mars 2018**

## Table des matières

Introduction	2	Pontages aorto-coronariens	28
Prémédication	3	Remplacements valvulaires	31
Equipement	4	Reprise chirurgicale	35
Technique d'anesthésie	9	Chirurgie minimalement invasive	35
Induction	10	Chirurgie à cœur battant	36
Avant la CEC	12	Tamponnade	41
Pendant la CEC	14	Diabète	42
Sevrage de CEC	18	Insuffisance rénale	43
Après la CEC	21	Asthme	44
Transfert	24	Thrombendarterectomie carotidienne	44
Critères d'extubation	26	Chirurgie de l'aorte thoracique	45
Circuit accéléré	26	Transplantation	53
Hypotension réfractaire	27	Témoins de Jéovah	55

## Auteurs

Pierre-Guy CHASSOT

Ancien Privat-Docent, Maître d'enseignement et de recherche, Faculté de Biologie et de Médecine, Université de Lausanne (UNIL), CH - 1005 Lausanne. Ancien responsable de l'Anesthésie Cardiovasculaire, Service d'Anesthésiologie, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), CH - 1011 Lausanne

Dominique A. BETTEX

Professeure, Faculté de Médecine, Université de Zürich. Cheffe du Service d'Anesthésie Cardiovasculaire, Institut für Anästhesiologie, Universitätsspital Zürich (USZ), CH - 8091 Zürich

Carlo MARCUCCI

Privat-Docent, Maître d'enseignement et de recherche, Faculté de Biologie et Médecine, Université de Lausanne, CH - 1005 Lausanne  
Responsable de l'Anesthésie Cardiovasculaire, Service d'Anesthésiologie, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), CH - 1011 Lausanne

## Introduction

Cette annexe donne les détails techniques pour les interventions courantes de chirurgie cardiaque. Elle est le fruit des nombreuses années passées par les auteurs en salle d'opération au CHUV et à l'USZ. Elle représente une synthèse de plusieurs routines, à titre d'exemple. Le rationnel et les références des différentes mesures de ce descriptif se trouvent dans le chapitre 04 (Spécificités de l'anesthésie cardiaque) ou dans les chapitres correspondants.

## Prémédication

Au cours de la visite préopératoire, le patient est informé du déroulement et des risques de l'intervention de manière à donner son consentement éclairé ; mais il est aussi rassuré et mis en confiance en obtenant une réponse à ses questions. La prémédication a pour but de le tranquilliser et de l'amener en salle d'opération dans une situation clinique optimale. Elle doit avoir lieu au minimum 45 minutes avant le transfert dans le bloc opératoire. Le patient reçoit les substances nécessaires à son équilibre hémodynamique, dans la mesure où elles n'interfèrent pas avec l'anesthésie.

- Maintien des dérivés nitrés, anticalciques et analogues.
- Maintien des anti-arythmiques.
- Maintien des bêta-bloqueurs; remplacement éventuel des substances à longue durée d'action par des substances à durée plus limitée: Loprésor (50-100 mg); le but est d'obtenir une fréquence d'environ 60 batt/min.
- Maintien des substances en perfusion (nitroglycérine, héparine non-fractionnée, nitroprussiate, amines).
- Les anti-agrégants (aspirine, clopidogrel, prasugrel, ticagrélor) sont maintenus en cas de syndrome coronarien instable ou de stent coronarien récent (< 6 semaines pour stents passifs, < 3-6 mois pour stents actifs); en-dehors de ces cas, il est préférable de les arrêter plusieurs jours avant les opérations en CEC, mais pas nécessairement avant les opérations à cœur battant (voir ci-dessous).
- Arrêt 24 heures des inhibiteurs de l'enzyme de conversion (IEC) et du récepteur de l'aldostérone (ARA) chez les hypertendus, mais non chez les insuffisants cardiaques.
- Arrêt des diurétiques, des antidiabétiques oraux et de la digitale; la digitale peut être maintenue en cas de FA.
- Insuline: voir sous Diabète.

Délais conseillés d'interruption préopératoire des anticoagulants et des antiplaquettaires.

• Héparine non-fractionnée	0-4 h
• HBPM prophylactique	12 h
• HBPM thérapeutique	24 h (48 heures si clairance créatinine < 50 mL/min)
• Fondaparinux (Arixtra <sup>®</sup> )	72 h (4-6 jours si clairance créatinine < 50 mL/min)
• Dabigatran (Pradaxa <sup>®</sup> )	48-72 h (4 jours si clairance créatinine < 50 mL/min)
• Apixaban (Eliquis <sup>®</sup> )	48-72 h (4 jours si clairance créatinine < 50 mL/min)
• Edoxaban (Lixiana <sup>®</sup> )	48-72 h (4 jours si clairance créatinine < 50 mL/min)
• Rivaroxaban (Xarelto <sup>®</sup> ) 10 mg	24 h (3 jours si clairance créatinine < 50 mL/min)
15-20 mg	48 h (4-5 jours si clairance créatinine < 50 mL/min)
• Sintrom <sup>®</sup> , Coumadine <sup>®</sup>	5 jours (contrôle INR à J-5 et J-1)
• Marcoumar <sup>®</sup>	10 jours (contrôle INR à J-10 et J-1)
• Désirudine (Iprivask <sup>®</sup> )	10 h
• Bivalirudine (Angiox <sup>®</sup> )	4 h
• Danaparoïde (Orgaran <sup>®</sup> )	48 h
• Argatroban (Argatroban Inj <sup>®</sup> )	4 h
• Clopidogrel (Plavix <sup>®</sup> )	5 jours
• Ticagrélor (Brilinta <sup>®</sup> , Brilique <sup>®</sup> )	5 jours
• Prasugrel (Efient <sup>®</sup> )	7 jours
• Cangrelor (Kengrexal <sup>®</sup> )	1 heure
• Eptifibatide (Integrilin <sup>®</sup> )	6 heures
• Tirofiban (Aggrastat <sup>®</sup> )	6 heures
• Abciximab (RheoPro <sup>®</sup> )	48 heures
• Aspirine (75-160 mg)	maintien en cas de stents coronariens, d'ischémie ou de syndrome coronarien aigu; interruption 3-5 jours si haut risque hémorragique ou refus de transfusion

Préparation à l'anesthésie : Dormicum<sup>®</sup> 1 cp 15 mg (7.5 mg > 60 ans); malades > 65 ans ou débilites: de préférence Seresta<sup>®</sup> (15 mg), Temesta<sup>®</sup> (2.5 mg).

## Equipement

Avant tout acte d'anesthésie, il est nécessaire de procéder au contrôle du chariot d'anesthésie selon la *check-list* de l'institution. Le ventilateur est contrôlé selon les procédures fournies par le fabricant. Les médicaments habituels sont à disposition (voir pharmacologie et dosages dans les Tableaux A22 et A23, pages 56-57). Liste de vérifications avant l'induction de l'anesthésie (Tableau A1).

Tableau A1: Checklist pré-induction	
Patient	
➤	Nom
➤	Date de naissance
➤	Allergies
➤	Consentement éclairé
➤	Traitements préopératoires
Procédure	
➤	Opération
➤	Technique d'anesthésie choisie
➤	Si ALR: contre-indications respectées
Médicaments, équipement	
➤	Fonctionnement du respirateur contrôlé, gaz frais ok
➤	Aspiration fonctionnelle
➤	Monitoring: matériel selon techniques choisies, affichage adéquat
➤	Perfusions, pompes pour médicaments, chauffe-sang
➤	Poches de sang préparées, éventuellement facteurs de coagulation
➤	Médicaments nécessaires à disposition et préparés (anesthésie, hémodynamique)
➤	Eventualité d'une intubation difficile: technique prévue, matériel à disposition
➤	Matériel et médicaments de réanimation, défibrillateur et palettes
➤	Pace-maker externe fonctionnel
➤	Circuit de CEC prêt, perfusioniste disponible
➤	Antibiotique perfusé
Organisation	
➤	Personne responsable du cas
➤	Personne appelable (no téléphone)
➤	Gestion des éventuels remplacements
➤	Chirurgien disponible

Installation du patient dans le calme; il reçoit de l'O<sub>2</sub> par sonde nasale ou masque facial. Port constant du masque et du bonnet par le personnel et le patient. Fermeture des portes de la salle d'anesthésie ou d'opération. Equipement standard :

- Lavage des mains (Sterilium™) avant toute manipulation.
- ECG 5 dérivation: afficher DII et V5 (ligne axillaire antérieure, 5ème espace intercostal).
- Réglage du gain et de l'analyse du segment ST (point J + 80 msec si fréquence < 95 batt/min).
- Régler les limites d'alarme en fonction du cas; laisser les alarmes fonctionnelles en-dehors de la période de CEC; ne désarmer que les températures et le segment ST.
- Si le malade est porteur d'un pace-maker, mettre un canal en mode diagnostique (sans filtre), et faire compter les pulsations sur l'artère ou le pulsmètre, non sur l'ECG.
- Fixer le brassard de pression, la SpO<sub>2</sub>, et la PetCO<sub>2</sub>.
- Mise en place du BIS™ et du relaxographe.
- Deux voies veineuses périphériques (dont une 14G) équipées de robinets et de rallonges; une voie jugulaire externe peut remplacer une voie périphérique en cas de difficultés. La voie 14G est mise en place lorsque le malade est endormi.

- Toutes les tubulures de perfusion comportent un filtre (seule exception : glucose 5% pour le débit cardiaque).
- Mise en place du cathéter artériel sous anesthésie locale après désinfection et champage.
- Prélèvement par le cathéter artériel de 2 mL de sang natif pour l'ACT (perfusionniste) et le ROTEM™.
- ScO<sub>2</sub> (NIRS InvoS™): saturation cérébrale en O<sub>2</sub>, indiquée si disponible; recommandée en cas de sténose carotidienne, d'opération complexe ou de chirurgie de l'aorte thoracique.
- Alarmes du moniteur en fonction (sauf pendant la CEC).
- Patches de défibrillateur externe collés au malade en cas de réopération, de chirurgie minimalement invasive ou d'arythmies malignes, et chez les porteurs de pace-maker ou défibrillateur interne (désactivé).
- Eviter les enchevêtrements de câbles et de tubulures : les lignes doivent être claires et étiquetées, les câbles ECG-SpO<sub>2</sub> en dessous, le circuit respiratoire libre et au dessus du tout.
- La prémédication est complétée par du midazolam (1-3 mg iv) selon besoin, de manière à ce que le patient soit confortable (calme, yeux fermés, mais répondant aux questions). Alternative: bolus de dexmédétomidine (0.5 mcg/kg en 10 min), puis perfusion (0.5-1.0 mcg/kg/min).

Antibiothérapie (minimum 45 minutes avant l'incision):

- Une céphalosporine de 1<sup>ère</sup> ou 2<sup>ème</sup> génération chez les patients non-MRSA (Zinacef® 1.5-3.0 g, Mandokéf® 1 g). Alternatives : clindamycine (Dalacin® 600 mg), amoxicilline + acide clavulinique (Augmentin® 2.2 g).
- Vancomycine seule ou en association chez les patients suspects ou prouvés positifs pour un MRSA.
- Prescription particulière en fonction de l'antibiogramme lorsqu'une infection est en cours.
- Rinçage de la bouche au gluconate de chlorhexidine 0.12%.

Cathéter artériel:

- Le cathéter artériel est mis en place avant l'induction.
- Pression artérielle invasive: artère fémorale (préférence pour le peropératoire car mesure voisine de la pression aortique), artère radiale côté non-dominant (préférable pour les soins postopératoires mais risque d'amortissement du signal par vasoconstriction). Le choix est fonction des priorités et des contraintes chirurgicales (prélèvement de saphène ou de greffon artériel, chirurgie de l'aorte thoracique, canulations, etc). Dans les cas à haut risque: 2 cathéters artériels. Deuxième choix en cas de difficultés: artère cubitale, éventuellement artère humérale.
- Ponction stérile après désinfection, champage et anesthésie locale. Le cathéter artériel de type Seldinger (nécessaire pour l'artère fémorale ou humérale) est préférable aux cathéters de ponction directe (réservés à la radiale) pour le maintien à long terme. Rinçage sous pression en cas d'amortissement de la courbe.

Après l'induction et l'intubation:

- Sonde urinaire; sondes de température rectale/vésicale et oesophagienne.
- Passer la sonde d'échocardiographie transoesophagienne (ETO) dès que le tube endotrachéal est en place, avant l'introduction de la voie centrale, pour vérifier le positionnement du mandrin dans la VCS ou l'OD. Vidange gastrique par un sondage aller-retour si présence d'air dans l'estomac.
- Echocardiographie transoesophagienne (examen cardiaque et aortique complet, transcrit dans le rapport).

Voie centrale, cathéter pulmonaire de Swan-Ganz et PiCCO™ :

- Désinfection du site de ponction avec masque et gants stériles, puis champage chirurgical du site de ponction, en général jugulaire interne et sous-clavier droit, avec une blouse stérile; changement de gants pour la ponction (Tableau A2). Le malade est en position de Trendelenburg, le bras ipsilatéral le long du corps, avec un coussin entre les omoplates pour la ponction sous-clavière; une installation correcte est capitale pour le succès de la ponction.
- La pose de la voie centrale a lieu une fois le malade intubé et la sonde ETO en place.
- Voie centrale pour cas simple: cathéter 2-lumières (14G + 18G ou 2 x 16G) en jugulaire interne droite ou en sous-clavière; technique de pose: voir Chapitre 6 Pose de voie centrale.

## Tableau A2: Recommandations pour la pose d'une voie centrale

### Premier temps

- Lavage des mains, port de masque et bonnet ; enlever montre, bagues et bracelets.
- Préparation du plateau avec fil Mersilène® 3-0 serti, lame 11, 2 seringues 5 ml, 1 aiguille 22G, aiguille de ponction, dilateur, mandrin, cathéter et système de fixation.
- Installation du patient : position de Trendelenburg, bras ipsilatéral le long du corps, tête légèrement en extension et tournée du côté opposé, épaule tombante pour la sous-clavière (rouleau médian entre les omoplates).
- Dégagement large de la zone de ponction ; rasage si nécessaire ; prévoir de préférence deux sites de ponction (jugulaire et sous-clavière).

### Deuxième temps

- Lavage des mains au Sterilium®.
- Port de gants stériles.
- Désinfectant (chlorhexidine alcoolique 2%, Dextrobac®) et NaCl 0.9% dans les godets.
- Désinfection large de la peau en cercles s'éloignant des sites de ponction ; trois passages sont nécessaires.
- Précaution en cas de difficulté prévisible: désinfection de deux sites de ponction différents.
- Sites de préférence : jugulaire interne droite en peropératoire, sous-clavière si cathéter en place à long terme ; probabilité de bon positionnement en OD par ordre décroissant : jugulaire interne droite, sous-clavière gauche, sous-clavière droite, jugulaire interne gauche, jugulaires externes.

### Troisième temps

- Changement de gants stériles; port d'une blouse stérile.
- Champage chirurgical avec un large champ percé. Si l'on utilise 2 champs, placer en premier lieu le champ situé contre soi et en deuxième lieu le champ le plus éloigné. Bien étendre les champs.
- Placer les champs de manière à recouvrir la zone désinfectée et ne dégager que la zone de ponction ; combler le « trou » qui se forme à l'angle entre le cou et l'épaule.
- Procéder à l'anesthésie locale s'il y a lieu (xylocaïne).
- Préparer sur le champ thoracique le mandrin et l'aiguille de ponction déjà montée sur une seringue ; si elle est utilisée, l'aiguille de repérage (22G) est aussi montée sur une seringue (sans NaCl).
- Le cas échéant, enfiler la sonde ultrasons dans sa housse stérile, enduite d'une mince couche de gel stérile.

### Quatrième temps

- Repérage de la veine à l'aiguille fine ou au moyen des ultrasons (si disponible).
- Guidage par ultrasons: visualisation de la veine en court-axe et en long-axe; vision directe de l'aiguille à son point de pénétration dans la veine.
- Ponction et descente du mandrin ; critères de ponction veineuse : couleur du sang, pression (mesure sur le capteur au moyen d'une rallonge stérile), échographie, échocardiographie (mandrin dans l'OD) ; les arythmies n'indiquent pas dans quelle cavité se trouve le mandrin.
- Pour la sous-clavière : ponction en apnée ou en expiration.
- Pose du cathéter après agrandissement de l'orifice de ponction au moyen de la lame de bistouri pointu et passage du dilateur.
- Rinçage des lumières au NaCl 0.9% et occlusion (bouchons, robinets trois-voies).
- Enlever les caillots et toute trace de sang coagulé, y compris entre les ailettes de fixation.
- Fixation du cathéter à la peau au moyen des ailettes prévues, ou par ligature directe sur le cathéter ; assurer l'hémostase autour du site de ponction, qui doit être sec ; tamponner la zone de ponction et les points de suture avec du désinfectant ; laisser sécher.
- Pansement (Opsite®).
- Si pose de Swan-Ganz : recouvrir d'un champ stérile en papier et changer de gants.
- Réinstallation du patient et mise en ordre du matériel.
- Réfection du pansement, nettoyage et désinfection à la fin de l'intervention chirurgicale, avant le transfert aux soins intensifs ou en salle de réveil.

### Contrôle

- Après une ponction difficile ou en cas de transfert direct en division, un contrôle de radiothorax est effectué.

Tableau A3: Recommandations pour la pose d'un cathéter pulmonaire de Swan-Ganz

Le cathéter de Swan-Ganz n'est indiqué que pour la prise en charge de certaines pathologies où la mesure du volume systolique, de la PAPO et de la SvO<sub>2</sub> ont un impact sur le pronostic. Le taux de complications sévères liées au cathéter pulmonaire est de 0.1–0.5% chez les patients chirurgicaux. En cas de rupture artérielle pulmonaire, la mortalité est de 46% en moyenne, et de 75% chez les patients anticoagulés.

Recommandations techniques:

- Après la mise en place de l'introducteur selon la technique décrite précédemment, l'opérateur change de gants et dispose le cathéter sur un champ stérile.
- Passage de la housse de protection, puis contrôle du ballonnet ; celui-ci doit se dégonfler spontanément lorsque la pression est relâchée.
- Rinçage des voies proximales avec du NaCl 0.9% ; les voies sont fermées par des seringues ou des bouchons ; connexion de la voie distale au capteur de pression, contrôle du zéro.
- Le cathéter, positionné de manière à ce que sa courbure le dirige dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, est introduit jusqu'à 20 cm ; la courbe affichée sur le moniteur est une courbe auriculaire (OD).
- Le ballonnet est gonflé en contrôlant la persistance de la courbe auriculaire à l'écran ; le cathéter est avancé jusque dans le VD qui doit être atteint à moins de 35 cm ; l'avancement est continué jusqu'au franchissement de la valve pulmonaire (< 45 cm) ; la distance à laquelle est passée la valve pulmonaire est notée.
- Le franchissement des cavités cardiaque est en général facilité par une propulsion rapide du cathéter et des mouvements de rotation alternée (*twisting*) de manière à modifier l'orientation de la courbure.
- Dès qu'il est en artère pulmonaire, le cathéter est avancé lentement (maximum 5-7 cm) pour l'obtention d'une courbe de type auriculaire (pression artérielle pulmonaire d'occlusion : PAPO) ; la valeur est notée et le ballonnet dégonflé.
- Avant toute manipulation chirurgicale intra-thoracique (CEC, chirurgie cardiaque à cœur battant, exérèse pulmonaire, etc), le cathéter est retiré à 5 cm au-dessus de la valve pulmonaire, de manière à ce qu'il reste dans un tronc artériel pulmonaire lors des gestes chirurgicaux ; le ballonnet est dégonflé en permanence.
- Après positionnement, le ballonnet n'est jamais gonflé sans qu'une courbe artérielle pulmonaire soit obtenue au préalable ; chaque mesure se fait en gonflant très progressivement le ballonnet de la quantité d'air juste nécessaire à obtenir une courbe de PAPO sur le moniteur ; retirer le cathéter de quelques centimètres si la courbe indique une occlusion prématurée (*over-wedge*).
- Lors des retraits du cathéter pour repositionnement, le ballonnet doit impérativement être dégonflé.
- En-dehors des mesures de PAPO, le ballonnet doit toujours rester dégonflé.
- Les substances vasoactives (en pompes-seringue) sont perfusées par la voie proximale blanche de la Swan-Ganz (VIP 5-lumières), avec un entraînement de 30-60 mL/h (Ringer-lactate), et non par l'introducteur.
- En cas de sténose aortique serrée ou de CMO et dans les situations d'urgence, introduire la Swan-Ganz en OD après en avoir rincé les lumières, et tirer la housse de protection en la fixant à 80 cm ; le positionnement et les mesures se feront après l'ouverture du péricarde ou ultérieurement lorsque la situation le permettra. Aucune perfusion ni injection dans les voies proximales (leurs orifices sont en-dehors du patient).
- Lorsqu'un patient est équipé d'un cathéter artériel pulmonaire, la mesure du débit cardiaque et les calculs hémodynamiques sont impératifs ; ces mesures, consignées dans des documents imprimés, sont répétées à intervalles réguliers, ou lors de changement de régime dans les substances vasoactives.

- Cas intermédiaire ou insuffisance de veines périphériques: cathéter 2- ou 3-lumières et introducteur de Swan-Ganz (8.5F ou 9F selon le type de cathéter pulmonaire) sont placés dans la veine jugulaire interne; dans ce cas, procéder à la deuxième ponction après la mise en place du premier mandrin, mais ne jamais reponctionner un vaisseau dans lequel un premier cathéter est déjà en place (risque d'embrochage du cathéter). Alternative: introducteur en jugulaire interne droite + cathéter 2- ou 3-lumières en sous-clavière.
- Cathéter artériel pulmonaire de Swan-Ganz (cas complexe): le site de ponction préférentiel pour l'introducteur est la veine jugulaire interne droite; éviter la sous-clavière car l'écartement de la sternotomie coude le cathéter (Tableau A3).
- Indications au cathéter pulmonaire, de préférence à débit/SvO<sub>2</sub> continu (Vigilance II™, introducteur 9.0F) : Tableau A4.
- Moniteur artériel de PiCCO™ : indiqué dans les situations d'instabilité hémodynamique avec variations importantes de la volémie, en l'absence de valvulopathie majeure ou de pneumopathie sévère. Utilisable lorsqu'un cathéter de Swan-Ganz est contre-indiqué ou impossible (chirurgie de la tricuspide, maladies congénitales avec shunt ou voie VD-AP anormale), et que la mesure du débit cardiaque est nécessaire.

Ponction artérielle fémorale avec un cathéter spécial, voie veineuse centrale pour la thermodilution transpulmonaire.

Tableau A4: Indications au cathéter artériel pulmonaire de Swan-Ganz

Pathologies de la circulation pulmonaire

- Insuffisance ventriculaire droite
- Hypertension pulmonaire (PAPmoy > 35 mmHg)
- Broncho-pneumopathie majeure avec HTAP
- Altérations de la perméabilité capillaire pulmonaire (SDRA, SIRS)

Surcharge de la circulation pulmonaire

- Stase gauche: valvulopathie mitrale sévère, insuffisance congestive du VG (FE < 25%)
- Hypervolémie: insuffisance rénale terminale, anasarque

Nécessité de mesurer la SvO<sub>2</sub> et/ou le volume systolique

- Opérations engendrant de grandes modifications hémodynamiques ou susceptibles de devenir hémodynamiquement très instables (aorte thoracique, OPCAB, polyvalvulopathies)
- Choc cardiogène, assistance ventriculaire, transplantation
- Situations avec RAS très basses, très hautes ou très instables (PiCCO non fiable)

Installation:

- Bras du patient le long du corps. Exceptions: malade très obèse avec bourrelet axillaire, fistule artério-veineuse de dialyse, malformations ostéo-articulaires (bras écarté sur un appui-bras).
- Emballage des bras avec de la mousse protectrice. Rembourrage mousse des points d'appui (y compris l'occiput) et des zones de compression potentielle par les robinets, connexions, électrodes, etc. Pansement étanche sur les électrodes.
- Pas de contact de la peau avec les surfaces métalliques ou plastiques.
- Etiquetage des voies veineuses.
- Coussin traversier sous les épaules, mais éviter une extension excessive de la tête.
- Patches de défibrillateurs (selon indications).

Prélèvement de sang:

- Hb, Ht.
- ACT, ROTEM™; thrombocytes et test d'agrégabilité si traitement antiplaquettaire.
- Gazométrie, équilibre acido-basique, électrolytes, glycémie.

Les médicaments hémodynamiques administrés en perfusion (dérivés nitrés, catécholamines, hypotenseurs, etc) sont continués sans interruption jusqu'à la CEC, moment de leur arrêt. Si le patient est sous Liquémine, la perfusion est en général stoppée à l'incision; prévoir de l'antithrombine III (500 UI Kybernin<sup>®</sup>, Atenativ<sup>®</sup>) si l'ACT ne dépasse pas 300 secondes après la dose habituelle d'héparine (300 UI/kg).

Que le patient soit diabétique (type I et type II) ou non, la glycémie doit être très strictement contrôlée. Elle doit être maintenue entre 6 et 10 mmol/L; en aucun cas elle ne doit dépasser 10 mmol/L. Le cas échéant, on commence de suite une perfusion d'insuline (Actrapid<sup>®</sup>) en procédant à des échantillonnages fréquents de manière à éviter toute hypoglycémie. Cette perfusion est interrompue en hypothermie et reprise au réchauffement. Surveiller la kaliémie (risque d'hypokaliémie en pré-CEC) (voir Diabète).



## Technique d'anesthésie

Le choix de la technique d'anesthésie relève du jugement clinique de l'anesthésiste; il est basé sur quatre points (voir Chapitre 4, Choix de la technique d'anesthésie):

- Risque hémodynamique peropératoire;
- Risque ischémique peropératoire;
- Potentialité de réveil rapide *versus* suivi postopératoire complexe;
- Contraintes non-cardiaques (comorbidités, affections médicales, âge, difficulté d'intubation, etc).

En fonction de la gravité des cas, on choisit parmi quatre types de techniques d'anesthésie selon les critères suivants (Tableau A5).

Tableau A5: Critères de choix pour la technique d'anesthésie

### Cas complexes (ASA IV)

- Induction à l'etomidate (0.2-0.3 mg/kg)
- Fentanyl (dose totale 20-50 mcg/kg) ou sufentanil (0.2-1.0 mcg/kg/h)
- Sommeil assuré par isoflurane ou sevoflurane (environ 1 MAC), ou propofol (5 mg/kg/heure), ou midazolam (1-2 mcg/kg/h)
- Monitoring invasif: double cathéter artériel, voie centrale et cathéter artériel pulmonaire, SvO<sub>2</sub>, ScO<sub>2</sub>

### Cas intermédiaires (ASA III)

- Induction à l'etomidate, ou au propofol en dose réduite et administration lente (0.5-1.0 mcg/kg)
- Fentanyl 20-30 mcg/kg ou sufentanil 10-20 mcg/kg (total peropératoire)
- Sommeil assuré par isoflurane ou sevoflurane (environ 1 MAC) en cas de revascularisation coronarienne, ou propofol (5-10 mg/kg/heure) si chirurgie non-coronarienne
- Cathéter artériel, voie veineuse centrale (2-3 lumières), introducteur de Swan-Ganz, ScO<sub>2</sub>
- Le cathéter artériel pulmonaire est recommandé en cas de surcharge pulmonaire (insuffisance VG, valvulopathie mitrale sévère, hypervolémie), d'insuffisance du VD ou d'HTAP, et de situation hémodynamique instable; ScO<sub>2</sub> si sténose carotidienne, opération complexe ou chirurgie de l'aorte thoracique

### Cas simples (ASA II-III)

- Induction au propofol (1.0-2.0 mcg/kg)
- Fentanyl ≤ 20 mcg/kg, sufentanil ≤ 15 mcg/kg
- Sommeil: isoflurane ou sevoflurane (environ 1 MAC) en cas de revascularisation coronarienne, ou propofol (5-10 mg/kg/heure) si chirurgie non-coronarienne
- Pas de midazolam
- Equipement standard (cathéter artériel, voie veineuse centrale)

### Cas en circuit rapide (*fast-track*)

- Induction et maintien au propofol (1.0-2.0 mcg/kg et 5-10 mg/kg/heure, respectivement)
- Induction au propofol et maintien avec un halogéné (≥ 1 MAC) en cas de revascularisation coronarienne
- Analgésie: fentanyl < 15 mcg/kg, sufentanil < 10 mcg/kg, rémifentanyl en perfusion (0.2-0.5 mcg/kg/min)
- Alternative: rachi-analgésie (sufentanil-morphine) ou péridurale (bupivacaïne-fentanyl)
- Curare: rocuronium (0.6-1.0 mg/kg, entretien 0.1 mg/kg), cisatracurium (0.1-0.4 mg/kg, entretien 0.03 mg/kg)
- Pas de midazolam ni de morphine
- Equipement standard (cathéter artériel, voie veineuse centrale)

Transfert aux soins intensifs: perf de propofol si utilisée en perop, dexmédétomidine si halogénés en perop.

La technique choisie doit assurer l'anesthésie, l'analgésie, la relaxation, la ventilation et l'équilibre hémodynamique. Lorsque des techniques différentes sont équivalentes, les contraintes économiques orientent le choix. Dans les cas difficiles, la gestion de l'hémodynamique occupe pleinement l'anesthésiste. Il est alors judicieux d'assurer l'anesthésie en "autopilote" par l'administration continue d'un agent à dose constante, que ce soit une perfusion (propofol, midazolam) ou un gaz (isoflurane, sevoflurane), et par l'addition régulière d'un fentanyl (fentanyl ou sufentanyl). Les variations tensionnelles sont alors contrôlées par des agents vasopresseurs ou vasodilatateurs, et non par la variation de la profondeur de l'anesthésie qui entraînerait des modifications inotropes excessives.

Vu les bénéfices du préconditionnement par les halogénés, utiliser l'isoflurane ou le sevoflurane comme agent d'anesthésie chez les coronariens, en continu à  $\geq 1$  MAC pendant toute l'intervention, y compris pendant la CEC. Maintenir constante la Fi halogéné et gérer les variations hémodynamiques avec des agents vasopresseurs ou vasodilatateurs. Transfert : sédation au propofol ou à la dexmédétomidine.

Les médicaments en perfusion (propofol, rémifentanyl, amines, etc) doivent être administrés par la voie 16G ou 18G du cathéter veineux central en fonction de leur miscibilité. Lorsqu'une Swan-Ganz est en place, ces perfusions sont administrées par la voie blanche (OD) de la Swan (Edwards VIP 5 lumières) munie de robinets 3-voies ; pour éviter un espace-mort rempli de substances actives, une perfusion d'entretien coule en permanence à raison de 30-60 mL/h de Ringer-lactate sur pompe-goutte ou pompe-seringue. En cas de mise en place provisoire dans l'OD ou de retrait partiel du cathéter pulmonaire, l'orifice de cette voie, qui est situé à 30 cm de l'extrémité, se retrouve dans la housse de protection et coule à l'extérieur du patient ! Le bras latéral de l'introducteur (*side-arm*) est muni d'un robinet qui permet de l'utiliser pour l'administration rapide de volume ou l'injection de médicaments en cas de besoin. Lorsque la voie centrale n'est pas encore en place, les médicaments en perfusion sont injectés sur une voie périphérique dont l'entretien coule en permanence.

## Induction

Devant assurer le sommeil, l'analgésie et l'immobilité, l'induction de l'anesthésie nécessite un hypnogène, un opiacé et un curare. Les substances et les dosages sont choisis de manière à occasionner le moins possible de perturbation hémodynamique.

- L'effet dépresseur cardiocirculatoire des agents d'induction est par ordre croissant: etomidate < midazolam < propofol < thiopental. L'étomidate (0.2-0.3 mg/kg) est l'agent de choix dans les cas hémodynamiquement compromis. Le propofol (0.5-1.5 mg/kg lent, objectif de concentration: 1.5-4 ng/mL) est réservé aux cas stables et/ou en circuit rapide. Le midazolam (1-3 mg) est utilisé comme sédation pendant les canulations vasculaires. Comme les agents d'induction ont une durée d'action plus courte que celle nécessaire à une pleine curarisation, il est nécessaire d'en donner une dose complémentaire avant l'intubation.
- La stabilité hémodynamique est garantie par une diminution des doses et par une administration lente.
- Une dose d'appoint d'opiacé (2-3 mcg/kg de fentanyl, 0.5-1 mcg/kg de sufentanyl, 0.2-0.5 mcg/kg de remifentanyl) facilite l'induction et diminue la réactivité à la laryngoscopie (stimulation vagale) et à l'intubation (stimulation sympathique). Ces deux réactions peuvent être amorties par une anesthésie topique préalable avec de la lidocaïne 4% (gargarisme, spray endotrachéal au Laryngojet™); attendre 2-4 minutes pour l'effet maximal.
- Si la rigidité musculaire induite par les fentanils compromet la ventilation au masque, procéder à une curarisation rapide: suxaméthonium 1.5 mg/kg, mivacurium 0.2 mg/kg, cisatracurium 0.2 mg/kg, rocuronium 1.2 mg/kg ou vécuronium 0.2 mg/kg (doubles doses).
- Maintenir la PAM à 60-80 mmHg (pas plus de - 20% par rapport à la pression de base). Les patients souffrant de sténoses coronariennes risquent une ischémie myocardique dès que leur PAM est inférieure à leur fréquence cardiaque, c'est-à-dire lorsque le rapport PAM / FC est < 1.
- Eviter la tachycardie, particulièrement si sténose valvulaire ou ischémie myocardique: ajout d'un fentanyl, approfondissement de l'anesthésie, anesthésie topique, éventuellement esmolol (bolus 10 mg).

Intubation difficile (situation électorale); possibilités:

- Intubation vigile au fibroscope sous anesthésie locale et sédation.

- Induction + ventilation spontanée au masque O<sub>2</sub> / sevoflurane (6-8% pendant 5-8 minutes); intubation sous contrôle de la vue ou au fibroscope en respiration spontanée.
- Induction au propofol (1-2 mg/kg) + suxaméthonium (1 mg/kg) ou rocuronium (1.2 mg/kg); intubation sur long mandrin malléable (Cook™, S-Guide™, etc) ou par vidéolaryngoscopie (Airtraq™, Glidoscope™, etc).
- L'essentiel est de maintenir en permanence l'oxygénation et l'équilibre hémodynamique.

#### Ventilation:

- Test de tolérance à la ventilation en pression positive (IPPV): manœuvre de Valsalva éveillé et surveillance de la pression artérielle (cathéter).
- FiO<sub>2</sub> 0.4-0.6.
- Volume courant (VC): 6-8 mL/kg.
- PEEP ≤ 5 cm H<sub>2</sub>O.
- Fréquence 8-15/min pour PaCO<sub>2</sub> 35-40 mmHg.
- Surveillance: SpO<sub>2</sub>, PetCO<sub>2</sub>; le cas échéant, ScO<sub>2</sub> et SvO<sub>2</sub>; gazométrie artérielle.

#### Hypotension:

- Dangereuse en cas d'ischémie coronarienne ou de sténose aortique.
- élévation des jambes.
- Ephédrine (bolus 5 mg), phényléphrine (bolus 50-100 mcg).
- Noradrénaline (0.01-1 mcg/kg/min).
- Administration de volume (250-500 mL cristalloïde) si hypovolémie.

#### Hypertension:

- Dangereuse en cas d'insuffisance mitrale ou aortique, et de dissection ou d'anévrisme de l'aorte.
- Profondeur adéquate de l'anesthésie.
- Phentolamine (bolus 1 mg), nitroglycérine (bolus 50-100 mcg, perfusion 0.5-2.5 mcg/kg/min).
- Nitroprussiate (0.5-3.0 mcg/kg/min) si RAS élevées.

#### Tachycardie:

- Dangereuse en cas d'ischémie coronarienne ou de sténose valvulaire.
- Profondeur adéquate de l'anesthésie, anesthésie topique.
- Esmolol (bolus 10 mg).

#### Bradycardie:

- Dangereuse en cas d'insuffisance aortique ou de dilatation ventriculaire.
- Ephédrine (si hypotension associée).
- Isoprénaline (bolus 10 mcg).
- Atropine: réponse imprévisible, contre-indiquée en cas de FA.

D'une manière générale, il faut éviter de faire plusieurs corrections simultanément, sous peine de ne plus savoir quel résultat est obtenu par quelle modification. D'autre part, l'hémodynamique est un système multifactoriel complexe qui présente une certaine inertie; il est donc important d'anticiper les modifications et d'opérer de petites corrections dès l'apparition de faibles changements dans la variable observée. La réaction à une hypotension, par exemple, doit être gérée en fonction de la rapidité avec laquelle chute la pression artérielle, et non par la valeur absolue de cette pression; l'administration trop tardive de phényléphrine oblige à en donner davantage, entre autre parce que le temps circulatoire s'est ralenti, ce qui va induire un bascule vers une poussée hypertensive lorsque la substance arrive sur ses récepteurs. Une sous-corrrection précoce évite l'installation d'un "roulis rythmique" qui entretient de larges oscillations entre l'hypo- et l'hypertension.

## Avant la CEC

Une série de contrôles est effectuée entre l'induction et le départ en CEC (Tableau A6). Le maintien de l'anesthésie est assuré préférentiellement de deux manières:

- Perfusion de propofol: 5-10 mg/kg/h, objectif de concentration (AIVOC) 1-3 ng/mL.
- Halogéné (environ 1 MAC de sevoflurane ou d'isoflurane); recommandé chez les patients coronariens pour bénéficier de la protection myocardique liée à l'effet de préconditionnement.
- BIS 40-60.
- Analgésie: fentanyl en bolus itératifs (dose totale peropératoire 10-30 mcg/kg), ou sufentanil en bolus (dose totale 10-20 mcg/kg) ou en perfusion (0.2-1.5 mcg/kg/h).

Tableau A6: Contrôles en début d'intervention (avant CEC)

### Patient

- Checklist: timeout
- Antibiotique donné
- Patient endormi: isoflurane ou sevoflurane (environ 1 MAC) ou propofol en perfusion; BIS 40-60
- Analgésie: fentanyl (bolus) ou sufentanil (perfusion)
- Perfusions: Ringer-lactate, Ringerfundin™, Plasmalyte™ (régime restrictif)
- Gestion de l'hémodynamique par médicaments dédiés (vasopresseur, vasodilatateur)
- Hémodilution: prélèvement de 1-2 poches de sang (avant l'héparinisation)

### Equipement fonctionnel

- ECG, pulsoxymètre, BIS, relaxographe, ScO<sub>2</sub> (si disponible)
- Cathéter artériel, voie veineuse centrale, ETO, cathéter pulmonaire (si indiqué), PiCCO (si indiqué)
- Sonde urinaire, températures

### Examens et mesures

- Gazométrie artérielle, glycémie, électrolytes, pH, lactate
- Hb, Ht, ACT, ROTEM; thrombocytes et test d'agrégabilité plaquettaire si traitement antiplaquettaire
- Hémodynamique complète (Swan-Ganz, PiCCO)
- Examen ETO complet
- Pendant la canulation aortique: PAM 50-60 mmHg

### Anesthésie

- Entretien: perfusion de propofol ou halogéné (sevoflurane, isoflurane) chez les patients coronariens
- Ventilation: volume courant 6-8 mL/kg, FiO<sub>2</sub> 0.4-0.6 (ou selon besoin), PEEP ≤ 5 cm H<sub>2</sub>O
- Pendant la sternotomie: apnée
- Pendant le prélèvement mammaire: volume courant 3-4 mL/kg, fréquence 25-30/min, I:E 1:4, FiO<sub>2</sub> 0.8, PEEP 0. Manœuvre de recrutement à la reprise de la normoventilation
- Contrôle du défibrillateur et du pace-maker

### Anticoagulation

- Administration d'acide tranexamique (15-30 mg/kg dilués dans 100 mL NaCl) dès la sternotomie
- Administration d'héparine (300 UI/kg) par voie centrale avant les canulations de CEC, annoncée à haute voix. ACT de contrôle après 3 minutes

La curarisation est administrée en fonction de la demande. Vu la paucité des signes cliniques sous de hautes doses d'opiacés et lors des manipulations de l'hémodynamique, il est prudent de maintenir les patients sous-curarisés de manière à pouvoir juger de l'adéquation de l'anesthésie par l'apparition de mouvements respiratoires ou somatiques. L'administration liquidienne est très restrictive, car la CEC apportera un volume considérable de cristalloïde; volume perfusé: pas plus de 500-750 mL de cristalloïde (selon le poids du patient) avant la CEC. Il est préférable de régler l'hypotension par des agents médicamenteux que par du remplissage, sauf en cas de perte sanguine importante. Il est judicieux d'éviter les expandeurs plasmatiques parce qu'ils seront plus utiles après la CEC et dans le postopératoire.

Après l'intubation, les moments de stimulation sympathique et/ou douloureuse maximale alternent avec des périodes plus calmes. Ces instants de stimulation demandent de l'attention pour éviter un réveil, une poussée hypertensive ou une tachycardie excessive.

- Incision cutanée.
- Sternotomie, coagulation du sternum et ouverture de l'écarteur.
- Dissection périaortique.
- Canulation auriculaire (arythmie).

Ventilation:

- Interrompre la ventilation pendant la sternotomie; débrancher le circuit respiratoire sans arrêter le ventilateur ni ses alarmes, de manière à ne pas oublier de reventiler.
- Pendant la prise de mammaire: VC 3-4 mL/kg, fréquence 25-30/min, rapport I:E 1:4, FiO<sub>2</sub> 0.8, pas de PEEP. Procéder à une manœuvre de recrutement avant de reprendre la ventilation conventionnelle.
- Surveillance: couleur des lèvres et du champ opératoire, SpO<sub>2</sub>, PetCO<sub>2</sub>, ScO<sub>2</sub>.
- Manœuvres de recrutement: insufflation manuelle de 20 secondes à 30-40 cm H<sub>2</sub>O.

Hémodilution aiguë normovolémique (si le taux d'Hb est supérieur à 120 g/L):

- Prélèvement de 1-2 poches de sang autologue (pas plus de 350 mL par poche) étiquetées au nom du patient et marquées du numéro de la salle mais pas du groupe sanguin du malade pour les distinguer des poches de sang homologues; elles sont conservées à température ambiante (plaquettes fonctionnelles) et périodiquement agitées.
- Contre-indications à l'hémodilution aiguë: dysfonction ventriculaire sévère, angor instable, maladies associées, Hb < 90 g/L, âge > 70 ans, risque ASA IV. Surveillance rigoureuse du segment ST.
- Compensation du volume par 500 mL de cristalloïde selon besoin.
- Le prélèvement est débuté dès que l'équipement est complet et doit être terminé avant l'administration de l'héparine. Durée de conservation du sang: 4 - 6 heures.
- Ces flacons contiennent les taux circulants post-induction des agents d'anesthésie et des curares. Ils doivent être retransfusés au patient pendant qu'il est encore intubé et/ou sous surveillance respiratoire, mais après l'administration de protamine.

Anticoagulation:

- Acide tranexamique (Anvitoff<sup>®</sup>, Cyclokapron<sup>®</sup>) 15-30 mg/kg dilué dans 100 mL NaCl 0.9%, administré dès la sternotomie en 10-20 minutes; alternative: 10 mg/kg iv suivi d'une perfusion de 1 mg/kg/h.
- L'héparine est administrée par voie centrale avant de procéder aux canulations de CEC: elle est annoncée à haute voix. L'injection est précédée d'une aspiration de sang pour contrôler le bon positionnement du cathéter et suivie d'un rinçage pour être assuré de donner la dose totale. Dosage: 300 UI/kg (250 UI/kg pour les pontages à cœur battant). ACT de contrôle 3 minutes après l'injection; CEC commencée dès que l'ACT est > 400 secondes (OPCAB > 300 secondes).
- TAVI/Mitraclip: 100 UI/kg d'héparine; ACT recherché > 250 secondes.
- Si le patient est sous perfusion d'héparine depuis plusieurs jours, un manque d'antithrombine III peut survenir et l'ACT n'atteint pas la valeur souhaitée. Administrer 500-1000 UI d'antithrombine III (Kybernin<sup>®</sup>, Atenativ<sup>®</sup>).

## Canulations de CEC:

La canulation artérielle (aorte ascendante, artère sous-clavière droite, artère fémorale) est réalisée en premier. Abaisser la pression artérielle systémique au moment de la canulation aortique (PAM 50-60 mmHg) pour éviter une déchirure de la paroi. La bonne position de la canule est vérifiée par la similitude entre la pression qui y est enregistrée et celle du cathéter artériel systémique (en cas d'anomalie: risque de dissection). Une fois la ligne artérielle débullée, l'hypotension peut être corrigée par l'administration de volume depuis la CEC en prélevant sur le volume de remplissage. La canulation veineuse a lieu dans l'oreillette droite (canule unique), dans chaque veine cave séparément (canulation double) ou dans la veine fémorale. Les tachyarythmies sont fréquentes lors de la canulation de l'oreillette droite ; elles ne requièrent pas de traitement pharmacologique. Si elles compromettent l'hémodynamique, on accélère le départ en pompe. La position des canules longues est vérifiée par ETO dans l'aorte ascendante ou la crosse (canule artérielle), ou dans l'OD et la VCS (canule veineuse).

La période entre l'incision et la CEC est mise à profit pour réaliser un examen ETO complet et pour établir les valeurs hémodynamiques de base du patient par thermodilution pulmonaire (cathéter pulmonaire de Swan-Ganz) ou transpulmonaire (PiCCO™): volume systolique, débit cardiaque, RAS, RAP, LVSW, volume sanguin intrathoracique, volume télédiastolique global, etc.

## Pendant la CEC

Une série de vérifications doit avoir lieu au démarrage de la CEC (Tableau A7) et pendant la pompe (Tableau A8). Toutes les manœuvres réalisées par l'anesthésiste, le/la perfusionniste ou le chirurgien sont annoncées à haute voix. La coordination entre ces trois personnes est essentielle.

### Démarrage de la CEC:

- La mise en route lente et progressive de la pompe perfuse le liquide d'amorçage du circuit de CEC dans l'aorte. L'ouverture simultanée du clamp sur le circuit veineux permet de drainer le contenu de l'OD dans le réservoir et le circuit de CEC.
- Lorsque le système atteint son plein débit et que le cœur droit est vide, la ventilation est diminuée ou interrompue. Tant qu'il persiste un flux dans l'artère pulmonaire (drainage incomplet de l'OD), on maintient une ventilation réduite (voir Ventilation en CEC).
- Pour diminuer le degré d'hémodilution par le volume d'amorçage (*priming*), on procède autant que possible à un amorçage rétrograde (*retrograde autologous priming*) de la machine avant la mise en route de la CEC, en drainant progressivement le sang du malade dans le circuit de CEC pour y remplacer les cristaalloïdes. L'hypovolémie induite peut entraîner une hypotension importante, qui est gérée par l'administration immédiate de vasoconstricteur (phényléphrine, noradrénaline). La coordination entre l'anesthésiste et le perfusionniste est primordiale pour cette manœuvre.

### Hémodynamique en CEC:

- Débit de pompe: 2.4 L/min/m<sup>2</sup> à 35-37°C, 1.8 L/min/m<sup>2</sup> à 28°C.
- PAM: 60 mmHg. Si hypertension artérielle, athéromatose majeure, sténose carotidienne, âge > 70 ans, insuffisance rénale ou diabète: PAM 60-80 mmHg.
- Gestion de la pression artérielle: néosynéphrine, nor-adrénaline, phentolamine, nitroglycérine, nicardipine, isoflurane; éviter de régler une hypertension par une baisse de débit.
- Calcul des RAS en CEC:  $RAS = 80 \cdot (PAM / Dp)$ ; où Dp est le débit de la pompe.
- En cas de canulation séparée de la VCS: 2<sup>ème</sup> capteur de pression (PVC) sur le bras latéral de l'introducteur ou sur le canal proximal du cathéter 2-lumières pour surveiller la pression veineuse jugulaire (Pjug) en amont de la canule; surveillance de la face (oedème). Pression de perfusion cérébrale : PPC = PAM – Pjug. Si l'extrémité du cathéter central dépasse la ligature autour de la canule de VCS, cette voie ne peut pas être utilisée pour l'administration de médicaments.
- La concentration en Hb est habituellement 60 – 70 g/L pendant la CEC.

## Tableau A7: Contrôles au démarrage de la CEC

### Patient

- ACT > 400 secondes
- Patient endormi: isoflurane ou sevoflurane (1 MAC) sur l'oxygénéateur de CEC, ou propofol en perfusion (5 mg/kg/h) sur la voie centrale, ou midazolam (bolus 5-15 mg, perfusion 1-2 mcg/kg/h). BIS 40-60
- Face: couleur, asymétrie (canule artérielle sélective), œdème et chemosis (canulation VCS)
- Contrôle fréquent des pupilles
- SpO<sub>2</sub> > 97% (peu lisible à cause de la dépulsation), SaO<sub>2</sub> 100% sur le circuit artériel de CEC (contrôle l'oxygénéateur, non le patient), SvO<sub>2</sub> > 70% (retour veineux CEC, monitoring de l'adéquation du rapport DO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>); couleur du malade et du champ opératoire, nette différence de couleur entre les canules artérielles et veineuses
- ScO<sub>2</sub> > 60% des deux côtés (monitorage de la perfusion cérébrale, mais seule mesure de l'oxygénation périphérique réelle); si elle chute (10-15 points), augmenter la PAM et contrôler l'oxygénation (gazométrie); une baisse de ≥ 20 points est un signal d'alarme de souffrance cérébrale; en hypothermie, la ScO<sub>2</sub> doit s'élever.
- Si hypotension ou désaturation sévères: retour en charge immédiat
- Si air dans la canule artérielle: clampage immédiat et retour en charge

### Médicaments

- Arrêt des perfusions
- Arrêt des catécholamine(s), anti-arythmiques, dérivés nitrés, etc
- Analgésie assurée (fentanyl, sufentanil, remifentanil)
- Curarisation selon besoins (cardiotomie gauche, mouvements, hypothermie profonde, SvO<sub>2</sub> < 60%)
- Vasoconstricteur (néosynéphrine) à disposition
- Les médicaments en perfusion sont administrés sur la voie centrale, les bolus sont injectés dans la machine de CEC

### Machine d'anesthésie

- Maintenir la ventilation en cas de désaturation, CPAP < 5 cm H<sub>2</sub>O si nécessaire
- En CEC partielle: ventilation réduite de moitié (VC 3-4 mL/kg, fréquence 6-8/min, pas de PEEP)
- Dès le clampage aortique: ventilation stoppée; débit de gaz frais 0.5-1 L/min, Fi O<sub>2</sub> 0.3-0.5, pas de PEEP
- CEC partielle; en cas d'utilisation d'un halogéné, maintenir la même Fi sur l'oxygénéateur de la CEC et sur le respirateur tant que celui-ci est en fonction

### Moniteur

- Zéro des capteurs vérifiés, températures oesophagienne et rectale/vésicale en place
- Alarmes stoppées, volume sonore à zéro; vidange de l'urimètre
- Retrait du cathéter de Swan-Ganz de 5-10 cm (maintien en AP), ballonnet dégonflé
- Si cardioplégie rétrograde, branchement sur ligne de pression dédiée (P 10-20 mmHg) et contrôle ETO
- Si double canulation cave: mesure de la pression veineuse sur le bras latéral de l'introducteur ou le canal proximal du cathéter de PVC (pression veineuse cérébrale)
- ETO: contrôle du VG (dilatation sur IA) et de sa vidange (drainage par l'OG, le VG ou la veine pulmonaire supérieure droite)

### Hypotension (PAM < 40 mmHg) au démarrage de CEC

- Retro-priming (administrer néosynéphrine)
- Baisse de viscosité (démarrage trop brusque, hémodilution importante)
- Vasoplégie
- Insuffisance aortique (dilatation VG)
- Débit insuffisant, mauvais retour veineux
- Shunt resté ouvert, aspiration excessive (canule cardioplégie, filtre artériel)
- Dissection de l'aorte (pression élevée sur la ligne artérielle de CEC)

Tableau A8: Contrôles en cours de CEC

Surveillance patient

- Sommeil assuré ( $T^{\circ}$  oesophagienne  $> 30^{\circ}$ ) par halogéné (revascularisation coronarienne), propofol (5 mg/kg/h) ou midazolam. Contrôle par le BIS (40-60)
- Curarisation si: ouverture cavités gauches, frissons, mouvements,  $SvO_2 < 60\%$
- PAM 60-80 mmHg
- $PaO_2$  100-150 mmHg,  $PaCO_2$  40 mmHg (en normothermie)
- $SpO_2$  et  $SaO_2$  98-100%,  $SvO_2 \geq 70\%$ , couleur du malade et du champ opératoire
- $ScO_2 > 60\%$  (des deux côtés)
- Ht, glycémie, status acido-basique,  $K^+$
- Silence électrique sur l'ECG
- Les médicaments en perfusion sont administrés sur la voie centrale, les bolus sont injectés dans la machine de CEC
- Seuil de transfusion en CEC:  $Ht \leq 22\%$  ( $< 25\%$  dans les cas à risque)

Surveillance machine de CEC

- Pression sur la ligne artérielle (max: 3 x PAM)
- $SaO_2$  (oxygénateur de CEC),  $SvO_2$  (retour veineux de CEC),  $ScO_2$  &  $SpO_2$  (patient)
- Niveau du réservoir veineux
- ACT  $> 480$  sec (circuits pré-héparinés:  $> 350$  sec); contrôle toutes les 20 minutes
- Gradient de température ( $\Delta T^{\circ}$ )  $< 10^{\circ}C$  entre l'échangeur thermique et le sang
- $FiO_2$ , halogéné

Surveillance machine d'anesthésie

- $FiO_2$  0.3-0.6 (pas de  $N_2O$ ), débit gaz 0.5-1.0 L/min
- P ventil  $< 5$  cm  $H_2O$
- Ballon du circuit respiratoire dégonflé

Surveillance moniteur

- Températures (rectale/vésicale, oesophagienne ou cérébrale, Swan-Ganz)
- Gradient de température ( $\Delta T^{\circ}$ )  $< 10^{\circ}C$  entre températures rectale et oesophagienne
- ECG: silence électrique
- $ScO_2 > 60\%$ ; BIS  $< 60$  et SPI  $< 50$  en normothermie (BIS non fiable en hypothermie)

Ventilation en CEC:

- Aucun mode ventilatoire ne s'est avéré utile en CEC.
- CEC partielle (aorte non clampée, cœur éjectant):  $FiO_2$  0.3-0.5, VC 3-4 mL/kg, fréquence 6-8/min, pas de PEEP.
- CEC complète (aorte clampée, cœur arrêté): respirateur stoppé, débit de gaz frais 0.5-1 L/min,  $FiO_2$  0.3-0.5, pas de PEEP, ballon du circuit respiratoire dégonflé.

Cardioplégie:

- Solutions cristalloïdes ou sanguines enrichies de  $K^+$  et hypothermiques ( $4-6^{\circ}C$ ), à 100-300 mL/min, pour obtention du silence électrique sur l'ECG.
- Administration par la racine de l'aorte après clampage aortique, par les ostia coronariens après aortotomie, ou par voie rétrograde dans le sinus coronaire.
- Surveillance du VG par ETO pendant la perfusion par la racine aortique (risque de dilatation du VG si insuffisance de la valve aortique).



- Pression artérielle (80-100 mmHg) par voie antérograde, mais 20-30 mmHg par voie rétrograde (contrôle par le capteur dédié à la PVC, affichage sur l'écran du moniteur).
- Reperfusion cardioplégique toutes les 30-45 minutes, ou si activité électrique sur l'ECG.

#### Hémofiltration:

- Indiquée chez les patients à haut risque de surcharge hydrique ou de réaction inflammatoire systémique (CEC longue, BPCO, asthme, allergies, insuffisance rénale, insuffisance cardiaque congestive, etc).
- Tenir compte de la quantité extraite dans le bilan hydrique.

#### Hypothermie:

- Baisse du métabolisme cérébral de 7% par °C; la ScO<sub>2</sub> doit s'élever.
- Stop perfusion d'insuline < 32°C.
- Perte de conscience < 30°C. Le BIS n'est plus un critère fiable.
- Solubilité des gaz augmentée à froid (hypocapnie apparente).
- Perte du pouvoir tampon du bicarbonate < 28°C (utiliser PFC ou albumine pour corriger l'acidose).
- Viscosité sanguine stable lorsque l'Ht a la même valeur en pourcent que la température en degrés C; ne pas descendre < 28% en cas de troubles neurologiques.
- Maintenir le gradient entre T° rectale/vésicale et T° oesophagienne < 10°C.
- Maintenir le ΔT° sang - échangeur thermique < 10°C. T° minimale de l'échangeur: 12°C.
- Maintenir le gradient entre T° du sang veineux et artériel < 2.5°C.

#### Réchauffement:

- Réchauffement: maximum 4°C par 20 minutes, gradient T° artère – œsophage < 3°C.
- Température maximale du sang: 37°C. T° maximale de l'échangeur: 38°C.
- Surveiller la ScO<sub>2</sub> (oxygénation tissulaire) et la SvO<sub>2</sub> (adéquation du rapport DO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>).
- Risque de réveil > 30°C; assurer le sommeil (halogéné, propofol, midazolam).
- Éviter la curarisation, car les mouvements sont les seuls signes de réveil; le BIS n'est pas fiable en-dehors de la normothermie.
- Reprendre la perfusion d'insuline après contrôle de la glycémie.

#### Déclampage aortique:

- Pression basse et interruption momentanée du flux pendant le déclampage.
- Maintenir la PAM à 60-80 mmHg.
- Surveiller la reprise de l'ECG; lésions de reperfusion: ondes T inversées et pointues.
- En cas de fibrillation/tachycardie ventriculaire: défibrillation par palettes internes avec 5-10 Joules selon la taille du cœur, en augmentant si nécessaire jusqu'à 50 J (maximum).
- TV/FV: administrer 1.5 mg/kg de lidocaïne et 10 mmoles de MgCl<sub>2</sub>. En cas d'échec: amiodarone (Cordarone®) 150 mg iv en 20 minutes.
- Dès que le cœur a repris un rythme régulier: aspiration des sécrétions et manœuvre de recrutement pulmonaire (20-40 cm H<sub>2</sub>O pendant 20 secondes), puis reventilation mécanique à FiO<sub>2</sub> 0.8 en attendant une gazométrie.
- Reprise de la ventilation; ventilation réduite en attendant la mise en charge (FiO 0.8, VC 4 mL/kg, fréquence 8/min, PEEP < 5 cm H<sub>2</sub>O); interruption momentanée de la ventilation en cas de gêne pour l'opérateur. Vu que les échanges gazeux se font principalement dans l'oxygénateur, la PetCO<sub>2</sub> lue dans le circuit respiratoire est beaucoup plus basse que la réalité.
- Catécholamine(s) selon besoin, mais pas avant que le cœur ne soit reperfusé (après déclampage de l'aorte et la reprise d'un rythme cardiaque spontané, ou après revascularisation par les PAC à cœur battant).
- Si indiqué : bolus de milrinone (Corotrop® 50 mcg/kg) pendant le réchauffement; compenser l'hypotension par le débit de pompe et l'addition de volume de remplissage.
- Fréquence cardiaque souhaitée: 70-80 batt/min. Pose de l'électrode ventriculaire et contrôle de l'électro-entraînement par le pace-maker.

- Si asystolie ou bradycardie extrême: risque de dilatation du VG par le sang qui vient de la circulation bronchique ou d'une éventuelle insuffisance aortique; assurer l'éjection du VG par pacing ventriculaire.
- Examens: Hb, Ht, thrombocytes, gazométrie, électrolytes, glycémie, équilibre acido-basique, ROTEM™ (Fibtem, Heptem), test d'agrégabilité plaquettaire si traitement antiplaquettaire ou anomalie des thrombocytes.
- Examen ETO: présence de microbulles, fonction ventriculaire, éventuelle dilatation du VG, volume des cavités, présence d'insuffisance valvulaire (nouvelle ? attendue en fonction de la pathologie ?), état de la correction chirurgicale, amélioration ou aggravation d'une IM.

La dose de protamine nécessaire au renversement de l'héparine n'est jamais annoncée ni préparée avant la mise en charge pour éviter toute administration accidentelle en cours de CEC.

## Sevrage de la CEC

Le sevrage de la CEC est un moment critique qui doit être préparé et effectué en synergie entre chirurgien, perfusionniste et anesthésiste. Le plan thérapeutique est discuté et établi à l'avance, de manière à éviter les discussions contradictoires et les pertes de temps au moment où des décisions rapides s'imposent. Toutes les manœuvres se font en coordination et chacun annonce à haute voix celles qu'il entreprend. Un certain nombre de conditions doivent être remplies avant la mise en charge (Tableau A9).

- Reprise de la normoventilation: FiO<sub>2</sub> 0.8, VC 6-8 mL/kg, fréquence 8-15/min, PEEP < 5 cm H<sub>2</sub>O. Le chirurgien et le(la) perfusionniste sont tenus de s'enquérir de la reprise effective de la ventilation.
- Patient normotherme et endormi (perfusion de propofol, halogéné, midazolam) ; BIS < 60.
- ECG normalisé, rythme sinusal ou électro-entraîné à 70-80 batt/min. Si FA ou flutter: cardioversion par palettes internes (5-10 J), amiodarone (150 mg en 20 minutes) si instabilité du rythme.
- Surélévation du segment ST: embolie gazeuse dans la CD ou les pontages veineux; si persistant: embolie athéromateuse, ischémie aiguë, vasospasme, problème d'anastomose sur un pontage.
- Calcium (5 mg/kg CaCl<sub>2</sub> par la canule aortique ou la voie centrale): efficace seulement en cas d'hypocalcémie (Ca<sup>2+</sup> < 1 mmol/dL) ou d'hyperkaliémie.
- Magnésium (1-2 gm MgCl<sub>2</sub>): indication large en cas d'arythmie.
- Remplissage: volume de la CEC (kaliémie élevée, Ht bas).
- Agent inotrope choisi: perfusion en cours sur la voie centrale (seulement après déclampage et > 34°C).
- Vasoplégie fréquente; si RAS basses: noradrénaline (0.1-1.0 mcg/kg/min), vasopressine (1-4 UI/h), si nécessaire hydrocortisone (Solucortef® 100 mg), bleu de méthylène (1-2 mg/kg en 20 minutes).
- Poches de sang disponibles, facteurs de coagulation prêts selon le thromboélastogramme (fibrinogène, facteur XIII, etc).
- Examen ETO: débullage efficace, fonction ventriculaire et volume des cavités acceptables, insuffisance valvulaire tolérable, correction chirurgicale satisfaisante, cinétique segmentaire normale (selon la situation coronarienne).

Purge de l'air:

L'ouverture des cavités cardiaques gauches peut laisser de l'air s'y introduire; il va se loger dans les endroits en surplomb: veines pulmonaires, surtout droites, haut du septum interauriculaire, angle mitro-aortique dans l'OG, partie apicale du septum interventriculaire (surtout lors de Trendelenburg), sinus de Valsalva droit. L'ETO est essentiel pour contrôler le débullage avant de mettre en charge. Plusieurs techniques sont utilisées pour chasser l'air et l'empêcher d'emboliser dans la circulation cérébrale:

- Position de Trendelenburg accentuée, roulis de la table d'opération;
- Manœuvres de purge: hyperinflations pulmonaires (30 cm H<sub>2</sub>O) répétées, frein au retour veineux de la CEC.
- Aspiration continue par la canule de cardioplégie dans la racine de l'aorte.
- Vidange par ponction directe de la cavité à l'aiguille, secousses et manipulations du cœur.
- Stimulation inotrope et vasopressive.

Tableau A9: Contrôles avant la mise en charge

Patient

- Patient uniformément réchauffé: T° rectale/vésicale  $\geq 35^\circ$ , T° oesophagienne  $36^\circ$
- Sommeil assuré (propofol, halogéné, midazolam); BIS 40-60
- Ventilation efficace, poumons réexpandus (manœuvres de capacité vitale et contrôle visuel dans le champ opératoire), aspiration des sécrétions
- SpO<sub>2</sub> et SaO<sub>2</sub> 98-100%, SvO<sub>2</sub>  $\geq 70\%$ , gazométrie OK, couleur du champ opératoire sp
- Rythme sinusal à 70-80 batt/min, ECG normalisé
- Fils de pace-maker ventriculaires et auriculaires en place et fonctionnels; stimulation électrique ventriculaire si bloc AV ou bradycardie
- PAM  $> 60$  mmHg et  $< 120$  mmHg
- PAP: valeurs normales ou correspondant à l'HTAP préopératoire
- Pas d'hémorragie active incontrôlée
- Status acido-basique équilibré (pH 7.3-7.5), kaliémie  $< 6.0$  mmol/L, Hb  $\geq 70$  g/L, calcémie  $> 1.0$  mmol/L, glycémie  $< 10$  mmol/L
- Status coaguloatoire: ACT, ROTEM™ (Fibtem, Heptem), thrombocytes
- Cœur droit fonctionnel à la vision directe
- ETO: débullage; contractilité ventriculaire, cinétique segmentaire normale pour le cas, volume des cavités et éventuelle insuffisance valvulaire correspondant aux images attendues en fonction de la pathologie

Médicaments

- Catécholamine(s) choisie(s) administrée(s) sur voie centrale (ou OD de la Swan-Ganz)
- Sommeil assuré (midazolam dans la pompe, propofol en perfusion, halogéné le cas échéant)
- Analgésie assurée (fentanyl, sufentanil, remifentanyl); morphine (0.1-0.2 mg/kg) si extubation prévue  $> 4$  heures; dexmédétomidine (0.2-1.0 mcg/kg/h)
- Perfusions rétablies et voies veineuses fonctionnelles
- Poches de sang à disposition, Cell-Saver™ fonctionnel
- Si nécessaire: fibrinogène, plaquettes, facteurs de coagulation

Machine d'anesthésie

- Manœuvres de capacité vitale pour éliminer les atelectasies
- Ventilation: volume courant normal (6-8 mL/kg), pressions de ventilation normales, pas de PEEP, FiO<sub>2</sub> 0.8
- Momentanément pas d'agents volatils halogénés si valvulopathie sévère ou dysfonction ventriculaire grave
- Défibrillateur et pace-maker fonctionnels; fils ventriculaires connectés et testés

Moniteur

- Cathéter de Swan-Ganz: courbe de pression artérielle pulmonaire (ballonnet dégonflé); retirer le cathéter jusqu'à obtention de la PAP si présence d'une courbe de pression bloquée
- Zéro des capteurs vérifiés
- Alarmes ré-enclenchées et fonctionnelles
- Volume sonore rétabli
- Affichage de la PVC (capteur de pression dédié)

Avant la mise en charge, le chirurgien et le/la perfusionniste s'enquière(nt) que le malade soit ventilé

L'embolie gazeuse systémique se manifeste surtout par une ischémie (sus-décalage ST) dans le territoire de la coronaire droite (D II) ou des pontages veineux réimplantés dans l'aorte (abouchements à la face antérieure de l'aorte ascendante chez un malade en décubitus dorsal).

Mise en charge et séparation de la CEC:

- Frein au retour veineux de la CEC pour assurer le remplissage progressif du cœur; surveillance par la PVC et par l'ETO. Bien qu'elle ne soit pas un critère de volémie, la PVC affichée en continu est très utile pour juger du remplissage progressif de l'OD en sortant de pompe.
- Diminution du débit de pompe par paliers de 0.5-1.0 L/min; le rythme est dicté par la tolérance des ventricules.
- Lorsque la situation est stable à 1.0 L/min, la pompe est arrêtée et le retour veineux clampé.
- Si la situation reste stable (PA<sub>syst</sub> ≥ 90 mmHg, IC > 2.0 L/min/m<sup>2</sup>, image ETO satisfaisante), on enlève la(les) canule(s) veineuse(s) de l'OD.
- Le remplissage est complété par la transfusion progressive du perfusat contenu dans la machine de CEC. Surveiller le VG à l'ETO pour éviter toute surcharge liquidienne et toute dilatation.
- En cas de congestion: drainage dans le réservoir par la canule veineuse.
- Si la reprise d'activité est insuffisante malgré un soutien inotrope adéquat (voir ci-dessous), une assistance en CEC de 10-20 minutes assure une reperfusion chaude du myocarde pour la reconstitution de ses réserves énergétiques.

Ultrafiltration modifiée (*MUF modified ultra-filtration*):

- Dialyse des liquides et des petites molécules sous l'effet de la pression; les plaquettes, l'albumine et les facteurs de coagulation sont conservés; une grande partie des médiateurs inflammatoires est éliminée. Le système permet de soustraire du volume circulant jusqu'à 150 mL par minute; on retire en général 500-1000 mL H<sub>2</sub>O.
- Le sang est capté sur la ligne artérielle (canule aortique), aspiré par la pompe du circuit de l'ultrafiltration (15-30 mL/kg/min), filtré et renvoyé dans la canule veineuse d'où il regagne l'OD (canule veineuse en direction du réservoir clampée). Le circuit du sang est réduit à : aorte – pompe d'UF – appareil d'UF – canule veineuse – OD. Ce système retarde la décanulation et l'administration de la protamine, mais il diminue significativement le syndrome inflammatoire systémique et la positivité du bilan hydrique.

Décanulation:

- Retrait de la canule de cardioplégie, puis de la canule veineuse. Lors de canulation bicave, une des canules est en général retirée avant la mise en charge pour améliorer le retour vers l'OD.
- Retrait de la canule aortique lorsque la situation ne réclame plus d'autotransfusion par l'aorte. Abaissement momentané de la PAM à 60 mmHg pour la décanulation (risque de déchirure sur la bourse de fermeture).

Protamine (80% de la dose totale d'héparine, mg pour mg): administrer la moitié de la dose calculée après la décanulation de l'OD, puis procéder à la décanulation de l'aorte, et terminer ensuite la deuxième moitié de la protamine. Cette cadence est annoncée à haute voix par l'anesthésiste. Dès que l'administration de protamine commence, le chirurgien cesse d'aspirer le sang par les aspirations de cardiectomie et utilise celle du CellSaver™. La protamine provoque une vasodilatation systémique et une vasoconstriction pulmonaire. Patients à risque de réaction importante: réopération, allergie au poisson, diabétiques sous insuline protamine-zinc, patients vasectomisés. Pour limiter ces effets secondaires majeurs, on administre la protamine en perfusion (50-100 mL NaCl 0.9%) en 10-15 minutes par une voie veineuse périphérique. Quelques minutes après la fin de la perfusion, on contrôle l'efficacité par un ACT, qui doit être à ± 5% de sa valeur de départ. Vu les risques de thrombose du circuit en cas d'injection accidentelle pendant la CEC, la protamine n'est jamais préparée à l'avance. Les différentes substances procoagulantes ne sont administrées qu'après le renversement de l'héparine par la protamine.

Hémodynamique recherchée:

- PAM ≥ 80 mmHg en cas d'HTA, de sténose carotidienne, de maladie cérébro-vasculaire ou d'insuffisance rénale.
- PAM 60-70 mmHg en cas de dilatation du VG ou de risque de déchirure de la paroi aortique au niveau des bourses et des sutures.
- PAM 50-60 mmHg pendant la décanulation aortique et la suture de la bourse pariétale.
- PAP normale ou inférieure à sa valeur de départ en cas d'hypertension pulmonaire.

- Lorsque le cathéter est radial, la courbe de pression artérielle peut être considérablement amortie en sortant de CEC et afficher des valeurs très inférieures à la pression réelle. En cas de doute, brancher le capteur à la canule aortique ou à une ponction directe de l'aorte à l'aiguille fine. L'artère fémorale ne présente pas ce problème.
- Le VD est dilaté s'il déborde la ligne d'incision péricardique au niveau du diaphragme.
- ETO: performance optimale du VG et du VD dans le contexte.

Si la fonction ventriculaire n'est pas satisfaisante, prévoir un soutien inotrope. Le but des agents inotropes est de maintenir une adéquation entre:

- La consommation myocardique en oxygène ( $mVO_2$ ).
- Les capacités fonctionnelles du cœur, notamment le risque ischémique.
- Le débit cardiaque systémique et pulmonaire.
- Les besoins périphériques en pression (perfusion coronarienne, rénale, etc) et en débit (réchauffement,  $SpO_2$ ,  $SvO_2$ ,  $ScO_2$ ).

Les besoins en inotropes se modifient constamment au cours de la période post-CEC. Ajuster en permanence leur débit en fonction de ces besoins. Dans les situations où un soutien inotrope est nécessaire, débiter la perfusion de catécholamines assez tôt avant la mise en charge (pendant le réchauffement, après le déclampage de l'aorte), de manière à ce que les taux myocardiques soient efficaces au moment où le cœur doit assumer le débit cardiaque. Le cas échéant, la dose de charge de milrinone est administrée dans la CEC si possible > 20 minutes avant la mise en charge. Ne pas administrer des agents inotropes avant le déclampage de l'aorte puisque les coronaires ne sont pas perfusées ; les seuls effets seraient vasculaires périphériques (vasodilatation ou vasoconstriction) et métaboliques (hyperglycémie, acidose). Choix des agents inotropes, par ordre croissant d'intensité:

- Dopamine (peu utilisée): jusqu'à 5 mcg/kg/min.
- Dobutamine: jusqu'à 15 mcg/kg/min, en général avec adjonction de noradrénaline (0.1-0.5 mcg/kg/min).
- Adrénaline: 0.03-0.5 mcg/kg/min.
- Milrinone: 0.5 mcg/kg/min, en association avec l'adrénaline.
- Levosimendan: 0.05-0.3 mcg/kg/min; réservé aux défaillances ventriculaires sévères, débuté de préférence à l'induction ou pendant la CEC.
- Une perfusion d'entraînement sur pompe rince en permanence la tubulure de manière à supprimer l'effet espace-mort (30-60 mL/h).

Si les agents inotropes sont insuffisants à maintenir la performance cardiaque, prévoir rapidement une contre-pulsion intra-aortique (CPIA), une ECMO ou une assistance ventriculaire temporaire (*Impella*, *TandemHeart*) selon les cas. Si la mise en charge a été trop brusque, une simple assistance par la CEC pendant 10-20 minutes peut suffire.

## Période post-CEC et fermeture

Après les décanulations et la fin de la protamine, on procède à une série de mesures (Tableau A10).

- Fixation de l'électrode auriculaire; test et entraînement auriculo-ventriculaire par le pace-maker (*sensing* et  *pacing*). Les fils du pace-maker sont scotchés au champ pour éviter qu'ils ne glissent vers la partie stérile.
- ACT, ROTEM, test d'agrégabilité plaquettaire (si indiqué), fibrinogène (si  $Fibtem < 15$  mm).
- Hb, Ht, thrombocytes.
- Gazométrie, glycémie, électrolytes (hyperkaliémie habituelle), équilibre acido-basique, lactate.
- Cathéter pulmonaire de Swan-Ganz: hémodynamique complète; ne jamais gonfler le ballonnet avant d'avoir obtenu une courbe d'AP claire (risque de rupture artérielle pulmonaire et d'hémoptysie massive).
- PiCCO: thermodilution transpulmonaire (calibration).
- Examen ETO complet: fonction VD et VG, remplissage, cinétique segmentaire, fonction valvulaire, résultat de l'intervention. Examen répété après la fermeture du sternum (recherche de compression, tamponnade, pneumothorax).

Tableau A10: Contrôles entre la mise en charge et la fermeture

Patient

- Sommeil assuré (propofol en perfusion, halogéné chez les coronariens), BIS 40-60
- Analgésie assurée (fentanyl, sufentanil, remifentanil)
- Perfusions: Ringer lactate, Ringerfundin, Plasmalyte (régime restrictif)
- Expandeur plasmatique: albumine 5%, PPL. HAES: prohibé selon les pays ou les institutions
- Cœur droit fonctionnel à la vision directe
- Fermeture du péricarde et du sternum: effet tamponnade
- Annonce du cas aux soins intensifs

Examens et mesures

- Gazométrie artérielle et veineuse, glycémie, électrolytes, pH, lactate
- Hb, Ht, thrombocytes (si hémorragie ou antiplaquettaires)
- Hémodynamique complète (Swan-Ganz, PiCCO)
- Bilan hydrique (perfusions, apport de la CEC, hémofiltration, diurèse)
- Examen ETO complet: fonction VD-VG, volémie, cinétique segmentaire, résultat de l'intervention

Médicaments

- Agent(s) inotrope(s) choisi(s) administré(s) sur voie centrale (ou OD de la Swan-Ganz)
- Noradrénaline si hypotension et fonction VG normale
- Protamine (½ dose après décanulation OD, ½ dose après décanulation aortique)
- Acide tranexamique (15-30 mg/kg)
- Répéter 1 dose d'antibiotique dès que > 4 heures d'opération

Machine d'anesthésie

- Ventilation: volume courant 6-8 mL/kg, FiO<sub>2</sub> 0.4-0.6 (ou selon besoin), PEEP ≤ 5 cm H<sub>2</sub>O
- Contrôle de l'électro-entraînement du pace-maker

Coagulation et transfusion

- Après la protamine: ACT, ROTEM™, thrombocytes, fibrinogène (si Fibtem < 15 mm)
- Test d'agrégabilité plaquettaire (Multiplate™, VerifyNow™, etc) si traitement antiplaquettaire
- Desmopressine si dysfonction thrombocytaire mais nombre normal
- Thrombocytes si hémorragie et thrombos < 100'000, Fibtem > 15 mm, ou traitement antiplaquettaire
- Seuil de transfusion: Hb < 80 g/L (< 90 g/L si ischémie ou dysfonction sévère) ou selon hémorragie
- Retransfusion du CellSaver, transfusion du sang prélevé par hémodilution en pré-CEC (après protamine)
- Fibrinogène (20-50 mg/kg) pour Fibtem > 15
- Facteurs de coagulation selon besoin (F XIII, complexe prothrombinique)
- PFC seulement si transfusion massive (rapport PFC:sang de 1:1)

Anesthésie:

- Même si la situation est instable du point de vue hémodynamique, le sommeil doit être assuré par un halogéné, une perfusion de propofol, ou du midazolam (BIS 40-60).
- Le relâchement de l'écarteur sternal est la première stimulation douloureuse après la CEC; prévoir un apport suffisant d'opiacé.
- Analgésie: fentanyl, sufentanil ou rémifentanil. Morphine iv (0.1-0.2 mg/kg) pour améliorer le confort et l'analgésie postopératoire, sauf si le cas est du type fast-track (extubation < 2 heures). Infiltration parasternale bilatérale multi-niveau avec de la bupivacaïne 0.5%.

- Sédation: dexmédétomidine (0.2-1.0 mcg/kg/h); stop à la fermeture sternale si réveil < 1 heure postop.
- La résistance à la fermeture du sternum est ostéo-articulaire et ne dépend pas de la curarisation. Une sous-curarisation permet au contraire des mouvements spontanés annonçant un réveil imminent.
- Normoventilation (PaCO 35-40 mmHg): FiO<sub>2</sub> 0.5-0.8, VC 6-8 mL/kg, PEEP < 5 cm H<sub>2</sub>O. Supprimer la PEEP ou ventiler manuellement pendant le passage des fils sternaux pour prévenir un embrochage des poumons par les aiguilles métalliques. Si HTAP: hyperventilation normobarique et hypocapnie. Contrôle de l'adéquation de la ventilation par gazométrie. La SpO<sub>2</sub> n'est pas fiable lorsque la circulation périphérique est anormale.
- Si les échanges gazeux sont insatisfaisants, contrôler la bilatéralité de la ventilation, aspirer les sécrétions, gonfler manuellement les poumons, administrer une PEEP selon tolérance hémodynamique (5-10 cm H<sub>2</sub>O) et contrôler par une nouvelle gazométrie après 20 min. Si l'amélioration est insuffisante et le bilan hydrique très positif, administrer du furosémide (10-20 mg iv).
- Avant la fermeture du péricarde, s'assurer que les électrodes ventriculaire et auriculaire entraînent correctement, que les seuils sont bas et que le pace-maker est fonctionnel.
- En cas d'insuffisance droite et d'intolérance à la fermeture du sternum, laisser le péricarde et le sternum ouverts et fermer la peau avec un patch de tissu synthétique.
- Répéter une dose d'antibiothérapie après > 4 heures d'intervention.
- Annoncer le cas aux soins intensifs une heure avant l'arrivée prévue.

#### Gestion de l'hémodynamique:

- Précharge: la dysfonction diastolique post-CEC augmente les pressions (PVC et PAPO) pour le même volume de remplissage. L'ETO permet de suivre le volume des cavités cardiaques. L'inspection visuelle à travers la sternotomie montre le VD et l'OD.
- Postcharge: elle est mesurée par les RAS et les RAP; elle est réglée par la profondeur de l'anesthésie, les vasodilatateurs systémiques (isoflurane, phentolamine, nitroprussiate, nitroglycérine) ou pulmonaires (prostaglandines, milrinone, NO<sup>•</sup>), et les vasoconstricteurs (phényléphrine, nor-adrénaline, vasopressine).
- Contractilité: le débit cardiaque visé est un IC  $\geq 2.2$  L/min/m<sup>2</sup>; les catécholamines sont choisies en fonction des RAS, des RVP et de la prédominance des récepteurs  $\alpha$  ou  $\beta$  dans le myocarde. L'insuffisance ventriculaire et la CEC diminuent la population de récepteurs  $\beta$ , ce qui amoindrit l'efficacité des amines qui agissent par l'intermédiaire de ce récepteur. L'activité de la milrinone et du levosimendan est indépendante des récepteurs catécholaminergiques.
- Fréquence cardiaque: idéalement située entre 70 et 80 batt/min pour assurer un DC satisfaisant, elle est réglée en fonction des contraintes hémodynamiques propres à la cardiopathie. La dysfonction diastolique rend le débit particulièrement sensible aux variations de fréquence: il baisse lorsque la FC augmente (diastole trop courte pour le remplissage lent des défauts de relaxation) et lorsque la FC baisse (ventricule trop rigide pour augmenter son Vtd et compenser la bradycardie).
- Rythme: le rythme sinusal procure le meilleur débit, particulièrement en cas de dysfonction diastolique où la contraction auriculaire assure 25-50% du remplissage ventriculaire. La présence d'une onde P sur l'ECG garantit un rythme sinusal électrique, mais ne signifie pas que la contraction auriculaire soit efficace. Seule la visualisation du flux mitral à l'ETO permet de constater la contribution réelle du flux A au Vtd du VG.

#### Ischémie myocardique (modification ST, anomalie cinétique segmentaire):

- Origine: revascularisation incomplète, défaut sur anastomose de pontages, embolie athéromateuse, sidération, lésion de reperfusion, spasme coronarien, distension mammaire sur ventilation excessive.
- Embolie gazeuse: disparaît en quelques minutes.
- Si persistant: PAM  $\geq 80$  mmHg (nor-adrénaline), nitroglycérine (50 mcg/min), diltiazem (0.1 mg/kg/h) si spasme artériel.

#### Perfusats:

- Administration d'acide tranexamique (15-30 mg/kg).
- Retransfusion du perfusat contenu dans la machine de CEC après concentration par le CellSaver™ (Ht environ 55%); contient encore de l'héparine, à compenser par 25-50 mg supplémentaires de protamine.

- Retransfusion des flacons prélevés par hémodilution (contiennent des plaquettes natives, mais aussi du curare).
- Perfusats: 500-1000 mL cristalloïde. Expandeur plasmatique: albumine 5%, PPL, HAES selon acceptation dans les pays ou les institutions (contre-indiqué en cas de néphropathie).
- Éviter de gérer l'hypotension par du remplissage, sauf si évidence d'hypovolémie (ETO, indices dynamiques en IPPV, etc); préférer un vasoconstricteur (nor-adrénaline).

Les perfusions sont gérées en fonction de critères définissant le degré de remplissage vasculaire:

- Les pressions de remplissage du VD (PVC) et du VG (PAPO) dépendent de la compliance des cavités et sont de mauvais critères d'hypovolémie.
- Les images bidimensionnelles (ETO) sont efficaces car indépendantes de la compliance : faseyement du septum interauriculaire, évolution des dimensions des cavités cardiaques et des veines caves.
- Les indices éjectionnels : volume systolique (cathéter de Swan-Ganz, PiCCO), vitesse des flux d'éjection (ETO) ; le débit cardiaque est un moins bon indice que le volume systolique parce qu'il est compensé par la fréquence.
- Les indices dynamiques en IPPV, très fiables si VC 8-12 mL/kg : variations respiratoires de la pression artérielle (cathéter artériel), du volume systolique (PiCCO), du flux aortique (Doppler), du septum interauriculaire (ETO) ou de la dimension des veines caves (ETO).

Transfusions:

- Stratégie multimodale d'épargne sanguine: correction de l'anémie préopératoire, limitation des pertes peropératoires, seuil de transfusion restrictif, utilisation dirigée des facteurs de coagulation.
- Seuils de transfusion allogène: Hb 80 g/L pour cas habituels; Hb 90 g/L si ischémie, dysfonction ventriculaire ou comorbidité sévère; Hb 100 g/L en cas de cyanose.
- Transfusion selon besoin en cas d'hémorragie massive (avec PFC, chauffe-sang, LevelOne™, etc).
- Critères physiologiques de transfusion (baisse du  $DO_2$ ): baisse de la  $SaO_2 < 90\%$ , baisse de la  $SvO_2 < 55\%$ , baisse de la  $ScO_2$  de  $\geq 20$  points, sous-décalage ST, altération de la cinétique segmentaire.

Facteurs de coagulation en cas d'hémorragie importante (Tableau A11):

- Administration de facteurs selon le thromboélastogramme. Fibrinogène (1-2 g) si Fitem  $< 15$ , facteur XIII, complexe prothrombinique.
- Perfusion de thrombocytes (5 U) en cas d'hémorragie si le nombre de thrombos est  $< 100'000$  ou chez les patients sous anti-agrégants (clopidogrel, ticagrelor, prasugrel).
- Administration de vasopressine (Minirin® 0.3 mcg/kg en 20 minutes) si défaut d'agrégabilité plaquettaire.
- PFC: uniquement en cas d'hémorragie massive (rapport PFC:sang 1:1).

Bilan hydrique en fin d'intervention:

- Apports: cristalloïdes perfusés, liquide d'amorçage de la CEC (800-1500 mL), liquide de cardioplégie, ajouts en cours de CEC.
- Pertes: diurèse, hémofiltration.

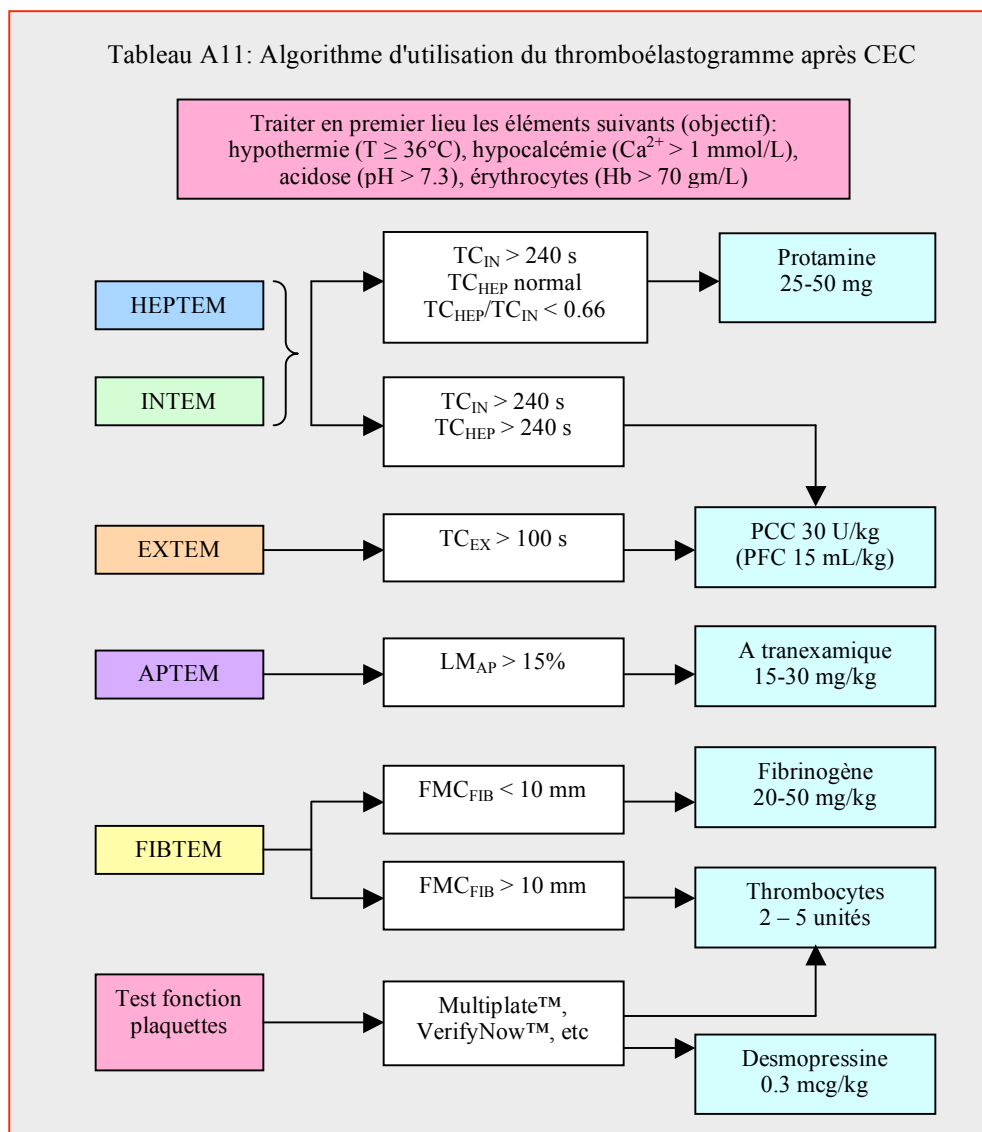
## Transfert

Surveillance très attentive du patient et des paramètres pendant cette phase dangereuse où l'attention a tendance à se relâcher et où il existe un risque d'embolisation de bulles d'air résiduelles lorsque le malade est tourné sur le côté (risque d'arythmie grave, d'ischémie aiguë et de choc cardiogène soudain).

- Mise au propre du patient; réfection des pansements, suppression des rallonges sur les perfusions.
- Parer au risque d'arrachement de voies veineuses ou d'extubation accidentelle lors de la mise au lit.
- Monitoring PA invasive, ECG,  $SpO_2$ ; écran du moniteur bien visible.



- Ventilation manuelle, FiO<sub>2</sub> 1.0 par sécurité.
- Disposer d'une perfusion pour le maintien de la volémie (cristalloïde, colloïde ou poche de sang).
- Terminer l'administration du volume récupéré de la CEC et de celui de l'hémodilution avant de quitter la salle d'opération.
- Continuer l'administration du soutien hémodynamique (catécholamines). Vérifier les batteries des pompes; le changement de pompes ou la modification de leur hauteur par rapport au patient s'accompagne toujours de modifications dans le débit.
- Disposer des substances de réanimation immédiate: néosynéphrine, adrénaline, lidocaïne, ou anti-arythmique selon les besoins.
- Drains sous aspiration, avec les réservoirs disposés en-dessous du plan du lit.
- S'assurer que tous les documents soient remplis (feuille d'anesthésie, feuille de transmission, feuille de transfusion).
- Sédation par perfusion de propofol, ou par dexmédétomidine en cas d'anesthésie avec halogéné.



Transmission aux soins intensifs: une feuille de transmission (exemple Figure 4.29) est très utile pour relever les points importants.

- Données du patient, indication opératoire, comorbidités, allergies, traitement préopératoire.
- Technique d'anesthésie utilisée, sédation et analgésie en cours.
- Opération effectuée (avec schéma, durée de CEC et de clampage aortique).
- Drains et pace-maker (rythme électro-entraîné).
- Description succincte de l'ETO pré- et post-CEC (volémie, fonction ventriculaire, valves, etc).
- Problèmes hémodynamiques peropératoires et traitements institués.
- Bilan liquidien des apports (perfusion, priming) et des pertes (diurèse, hémofiltration).
- Transfusions et dérivés sanguins.
- Médicaments en cours (perfusion d'inotropes, de vasopresseurs, etc).
- Examens paracliniques (acide-base, glycémie, électrolytes) et hématologiques (Hb, ACT, ROTEM).
- Problèmes rencontrés et problèmes attendus.
- Délai prévisible d'extubation.

## Critères d'extubation

Quel que soit le délai et le site d'extubation, les critères pour rétablir la liberté des voies aériennes sont les mêmes :

- Patient éveillé, confortable et normotherme ( $> 36^{\circ}$ ).
- Absence de frissons.
- Hémodynamique stable : PAM  $\geq 75$  mmHg, IC  $> 2$  L/min/m<sup>2</sup>.
- Absence d'ischémie aiguë et d'arythmies majeures.
- Absence d'hémorragie active: Hb  $> 80$  g/l.
- Ventilation spontanée efficace: capacité vitale  $> 12$  mL/kg, VC  $> 5$  mL/kg, fréquence  $< 20$ /min et  $> 8$ /min.
- Echanges gazeux satisfaisants: PaO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub>  $> 150$ , PaCO<sub>2</sub>  $< 50$  mmHg.
- Radiographie thoracique dans les normes.
- Drainages thoraciques et péricardiques ramenant  $< 100$  mL/h.

Vu le temps nécessaire à sevrer le patient du ventilateur et à remplir ces critères, l'extubation a lieu le plus souvent aux soins intensifs postopératoires. Bien qu'il soit possible d'extuber en salle d'opération si les critères d'extubation sont remplis, cette technique est très inconfortable pour le patient et n'a aucun impact sur la morbi-mortalité. Lorsqu'elle est possible, l'extubation a lieu dans les 2-6 premières heures. Une assistance ventilatoire est nécessaire en cas d'instabilité hémodynamique, de défaillance gauche, de surcharge liquidienne ou de pathologie pulmonaire ; elle dure en général de 6 à 24 heures, mais peut se prolonger dans les cas difficiles.

## Circuit accéléré

Les patients sans comorbidité majeure subissant des interventions simples peuvent bénéficier d'un circuit rapide (*fast-track*) basé sur une technique d'anesthésie appropriée, une chirurgie peu invasive, une extubation précoce, un transfert accéléré à l'étage (disponibilité assurée), une réhabilitation active et un séjour hospitalier court.

Indications:

- Chirurgie cardiaque élective, chirurgie minimalement invasive.
- Pontages aorto-coronariens ( $\leq 3$ ) ou RVA simples, fermeture de CIA ou de FOP.
- Chirurgie à cœur battant ou CEC de  $< 100$  minutes (clampage  $< 90$  minutes).
- Intervention percutanée si anesthésie générale requise (TAVI, Mitraclip).
- Hypothermie légère ( $\geq 34^{\circ}\text{C}$ ) ou normothermie, réchauffement complet en fin de CEC ( $\geq 36^{\circ}\text{C}$ ).
- Absence de comorbidité majeure.
- Fonction ventriculaire conservée, pression pulmonaire normale.
- Angor stable.

Technique d'anesthésie adaptée:

- Induction au propofol (1.0-2.0 mg/kg) ; en AIVOC, la valeur-cible est 2-4 mcg/mL. Maintien au propofol (5-10 mg/kg/heure ; valeur-cible : 1-3 mcg/mL).
- Induction au propofol et maintien au sevoflurane ou à l'isoflurane ( $\geq 1$  MAC) en cas de revascularisation coronarienne (préconditionnement).
- Intubation: spray laryngé de lidocaïne 4% pour réduire la poussée hypertensive.
- Analgésie (doses cumulatives): fentanyl < 15 mcg/kg, sufentanil < 10 mcg/kg ou rémifentanil en perfusion (0.2 – 1.0 mcg/kg/min).
- Curare: rocuronium (0.6-1.0 mg/kg, entretien 0.1 mg/kg par dose), cisatracurium (0.1-0.4 mg/kg, entretien 0.03 mg/kg par dose).
- Pas de midazolam ni de morphine.
- HTA, tachycardie: traités par médicaments spécifiques, non par approfondissement de l'anesthésie.
- Equipement: cathéter artériel, voie veineuse centrale multi-lumière, ETO.
- Maintien strict de la normothermie peropératoire.
- Extubation < 2 heures postopératoire (critères d'extubation remplis).
- Sédation: dexmédétomidine (0.2-1.0 mcg/kg/min); surveiller le risque d'hyperthermie.
- Antalgie: infiltration parasternale (bupivacaïne), blocs intercostaux, PCA de fentanyl, tramadol (100 mg iv 3-4 x/24h), kétorolac (30 mg iv 3x/24h), oxycodone (10-40 mg/12h per os).

## Hypotension réfractaire

Il arrive qu'une hypotension réfractaire accompagne la sortie de CEC et les premières heures qui la suivent. Le diagnostic différentiel comprend de nombreuses possibilités, dont les plus fréquentes sont les suivantes.

- Hypovolémie.
- Vasoplégie.
- Dysfonction ventriculaire gauche ou droite.
- Ischémie aiguë (infarctus menaçant).
- Effet CMO (en cas d'HVG concentrique).
- Bradycardie, arythmie.
- Tamponnade, compression chirurgicale (écarteur), mauvais drainage.
- Pneumothorax sous tension.
- Problème anesthésique : surdosage des agents utilisés.
- Problème chirurgical: ischémie, cardioplégie inadéquate, dysfonction de valve, résection ventriculaire excessive.
- Problème technique sur la ligne artérielle (contrôler le zéro et le niveau du capteur).

L'échocardiographie transoesophagienne est un élément indispensable au diagnostic différentiel, car la dysfonction diastolique induite par la pathologie de base et/ou la CEC rend l'interprétation des pressions de remplissage peu fiable.

- Hypovolémie: cavités peu remplies en systole et en diastole; volume télédiastolique bas; fraction d'éjection élevée; septum inter-auriculaire flottant.
- Vasoplégie: baisse extrême du volume télésystolique.
- Dysfonction VG: baisse de la fraction d'éjection; dilatation systolo-diastolique; insuffisance mitrale (II-III) sur dilatation; bombement du septum interauriculaire dans l'oreillette droite; faible amplitude des mouvements mitraux.
- Dysfonction VD: dilatation du VD; bombement du septum interauriculaire et interventriculaire dans les cavités gauches; insuffisance tricuspidiennne.
- Effet CMO: accélération importante dans la chambre de chasse gauche ( $V_{max} > 2.5$  m/s), collapsus méso-systolique des sigmoïdes aortiques; HVG concentrique, hypovolémie, stimulation adrénergique excessive.
- Tamponnade: compression d'une ou de plusieurs cavités par du sang ou des caillots.

- Ischémie: akinésie segmentaire d'origine nouvelle mais persistante (correspondant en général à une surélévation ST); momentané seulement s'il s'agit d'embolie gazeuse; dysfonction papillaire et insuffisance mitrale; sidération.
- Dysfonction de prothèse valvulaire: ailette bloquée, prothèse trop petite (*patient-prosthesis mismatch*), fuite paravalvulaire.
- Dysfonction post-plastie: insuffisance valvulaire aiguë.

Si une perfusion de nor-adrénaline à haute dose (1 mcg/kg/min) ne permet pas de maintenir les résistances artérielles, passer à l'administration de vasopressine (Pitressine®) à raison de 1-5 U/h (40 U ad 40 ml NaCl 0.9%), d'hydrocortisone (Solucortef® 100 mg iv) et de bleu de méthylène (1-2 mg/kg iv en 20 minutes).

En cas de dysfonction ventriculaire gauche, prévoir les étapes suivantes:

- Perfusions de dobutamine (Dobutrex®) jusqu'à 15 mcg/kg/min.
- Perfusion d'adrénaline (0.03-0.5 mcg/kg/min).
- Perfusion de milrinone (Corotrop® 1-2 mg/h) lorsqu'une inodilatation devient nécessaire (VG congestif, insuffisance du VD, HTAP).
- Combinaison milrinone – adrénaline (sans dobutamine).
- Levosimendan (Simdax®) : perfusion sur une seule période de 24 heures (0.1-0.2 mcg/kg/min), débuté idéalement à l'induction.
- En cas de bradycardie : isoprénaline (Isuprel®), bolus 10 mcg iv à répéter ; pace-maker.
- Ces étapes pharmacologiques sont suivies ou accompagnées d'une assistance mécanique du ventricule: soutien hémodynamique par la CEC, mise en charge très progressive par paliers, contre-pulsion intra-aortique, ECMO, assistance ventriculaire.

L'hypotension peut être liée à une tachycardie excessive en fin de CEC. Causes possibles:

- Hypovolémie.
- Vasoplégie.
- Gêne au retour veineux par la canule auriculaire de CEC.
- Tachyarythmie auriculaire due au manque de volume intra-auriculaire et à la stimulation mécanique par la canule veineuse de CEC.
- Tachycardie nodale.
- Douleur et/ou réveil.
- Stimulation sympathique excessive.

Si le traitement de la cause ne réduit pas le phénomène (volume, vasopresseur, décanulation, liquide froid sur le nœud du sinus), on peut administrer 150 mg de Cordarone. Le bêta-blocage (esmolol 10 mg) doit être manipulé avec beaucoup de précaution vu le risque de précipiter une insuffisance ventriculaire.

En cas de défaillance droite et/ou d'hypertension pulmonaire après CEC, voir Tableau A12 et Tableau A13.

## Pontages aorto-coronariens (PAC)

En cas d'ischémie myocardique active, la règle est de maintenir le rapport  $DO_2/VO_2$  le plus favorable et de protéger le myocarde ( $\beta$ -bloqueurs, halogénés). L'induction et la période avant la CEC sont les moments à plus haut risque.

Hémodynamique à rechercher: *lent – mou – normotendu*.

- Augmenter  $DO_2$  : diastole longue (fréquence basse),  $PAM \geq 80$  mmHg,  $FiO_2 > 0.3$ ,  $Hb \geq 100$  g/L.
- Diminuer la  $mVO_2$  : fréquence basse, contractilité basse, précharge et postcharge normales.
- Rapport  $PAM/FC > 1$ .
- Suivi du segment ST (ECG) et des altérations de la cinétique segmentaire (ETO).
- Hypotension : phényléphrine, noradrénaline.

Tableau A12: Traitement de l'insuffisance ventriculaire droite aiguë

Hyperventilation normobarique

- Hypocapnie : PaCO<sub>2</sub> 25-30 mm Hg, alcalose: pH 7.5
- FiO<sub>2</sub> 1.0
- V courant 6-8 mL/kg, pression ventilatoire (Pmoy) 6-10 cm H<sub>2</sub>O

Optimalisation de la précharge

- ↑ PVC 10-12 mmHg si dimensions normales du VD
- ↓ PVC si dilatation du VD, insuffisance tricuspidiennne et stase droite
- Nitroglycérine (0.05-5 mcg/kg/min) si PVC haute

Maintien de l'interaction interventriculaire et de la pression de perfusion coronaire

- Nor-adrénaline (0.1-0.5 mcg/kg/min)
- Vasopressine (1-4 U/h)
- CPIA si bas débit systémique

Stimulation inotrope

- Dobutamine (Dobutrex<sup>®</sup>) 3-10 mcg/kg/min
- Adrénaline 0.01 – 0.1 mcg/kg/min
- Milrinone (Corotrop<sup>®</sup>) dose de charge 50 mcg/kg, perf 0.5-0.75 mcg/kg/min
- Levosimendan (Simdax<sup>®</sup>) 0.1-0.3 mcg/kg/min (perf unique sur 24 heures)
- (Isoprénaline (Isuprel<sup>®</sup>) bolus 10 mcg, perfusion 0.01 à 0.1 mcg/kg/min)

NO<sup>•</sup> : 10-30 ppm dans le circuit inspiratoire du ventilateur (non recommandé en cas d'HTP sur stase gauche)

Prostaglandines

- Iloprost<sup>®</sup> en spray nasal (9-20 mcg/20 min) à répéter toutes les 3-4 heures
- Epoprostenol (Flolan<sup>®</sup>): 2-5 ng/kg/min en perfusion
- Treprostinil sous-cutané (1.25-2.5 ng/kg/min)

Sildenafil (Revatio<sup>®</sup>) 10 mg 3 x/j per os ou 10 mg iv en perf

Non-fermeture ou réouverture du péricarde et du sternum.

Assistance ventriculaire droite, ECMO

Tableau A 13: Traitement aigu de l'hypertension pulmonaire

Anesthésie profonde (fentanyl, sufentanil), réchauffement du patient, alcalose.

Hyperventilation: PaCO<sub>2</sub> 30 mmHg, pH > 7.45

Hyperoxie: FiO<sub>2</sub> 1.0

IPPV avec basse P intrathoracique (Pmoy: 6-10 cm H<sub>2</sub>O)

NO<sup>•</sup> : 10-30 ppm dans le circuit inspiratoire

Aérosol de prostanoïde (iloprost 10-20 mcg en 15 min) et/ou de milrinone (sol 1 mg/mL à 0.2-0.3 mL/' pdt 10-20 min)

Sildénafil (10 mg/20 mL en inhalation)

Traitement aigu sans effet vasodilatateur sur les RAS

Epoprostenol en perfusion (2-5 ng/kg/min)

Teprostinil en perf (1.25-2.5 ng/kg/min), oral ou scut

Sildénafil (10 mg 3x/j per os ou iv)

Sulfate de magnesium (5-10 mmol)

Traitement aigu par voie systémique

Catécholamines β: dobutamine, isoprénaline

Anti-phosphodiesterases-3: milrinone (0.5 mcg/kg/min)

Levosimendan (0.1-0.2 mcg/kg/min)

Noradrénaline, vasopressine (↑ aide du VG et ↑ perf coron)

Adaptation de la précharge du VD (PVC)

Ouverture/non-fermeture du péricarde et du sternum

CPIA (↑ pression coronarienne), ECMO, RVAD

Traitement de l'insuffisance du VD

Sont à éviter: dopamine, digitale, desflurane, N<sub>2</sub>O, kétamine.

#### Anesthésie:

- Induction étomidate ou propofol, selon la fonction ventriculaire.
- Maintien avec halogéné (sevoflurane ou isoflurane) avant, pendant et après la CEC (préconditionnement).
- Anesthésie topique pour l'intubation.
- Curare: pas de pancuronium.
- Equipement: selon fonction ventriculaire et comorbidités; l'ischémie myocardique n'est pas en soi une indication à la mesure du débit cardiaque, de la PAP et des RAS.
- Maintien de la PAM avec néosynéphrine (bolus) ou nor-adrénaline (perfusion).
- Surveillance continue du segment ST.

A l'ETO, contrôle de la fonction du VG et du VD, évaluation des territoires à risque et de leur performance (cinétique segmentaire, hibernation); évaluation d'une éventuelle insuffisance mitrale ischémique. Après la CEC, la revascularisation augmente la tolérance à la tachycardie et au stress, mais il faut rester prudent en cas de sidération ou de revascularisation incomplète. La chirurgie de revascularisation se prête parfaitement à un circuit rapide et à une extubation précoce si les conditions en sont remplies.

Les agents antiplaquettaires sont fondamentaux dans la prise en charge des malades ischémiques ou porteurs de stents, mais ils aggravent considérablement le risque hémorragique lorsque les patients sont héparinisés pour la CEC.

#### Angor stable:

- Maintien de l'aspirine, sauf si risque hémorragique grave (reprise) ou refus de transfusion.
- Arrêt préopératoire du clopidogrel 5 jours, du ticagrelor 5 jours, et du prasugrel 7 jours.

#### Angor instable ou stents récents (stents passifs < 6 semaines, stents actifs < 3 à 6 mois selon les types):

- Maintien de l'aspirine.
- Stop clopidogrel, prasugrel ou ticagrelor 24-48 heures préopératoires; contrôle par un test d'agrégabilité plaquettaire.
- Transfusion de plaquettes si nécessaire; bien que les thrombocytes du malade soient bloqués, les plaquettes fraîchement transfusées fonctionnent normalement dès que le taux circulant d'antiplaquettaire est négligeable (3 demi-vies):
  - 20-60 minutes après l'arrêt de la perfusion de cangrelor selon la durée du traitement (demi-vie 6 minutes, mais risque de cumul).
  - 6 heures après l'arrêt de la perfusion d'eptifibatide ou de tirofiban (demi-vies 2 heures).
  - 12 heures après la dernière prise de prasugrel.
  - 24 heures après dernière prise de clopidogrel.
  - 36 heures après l'arrêt du ticagrelor (demi-vies 12 heures).
  - 72 heures après l'arrêt de l'abciximab (demi-vie 23 heures).
- Comme il induit un blocage réversible des plaquettes, le ticagrelor est susceptible de diffuser sur les plaquettes transfusées; la transfusion plaquettaire perd de son efficacité jusqu'à 72 heures.

#### Revascularisation en urgence:

- La contrainte majeure est l'équilibre optimal entre le  $DO_2$  (alarmant) et la  $mVO_2$  (maintenir au plus bas).
- Risque hémorragique élevé; le malade a en général reçu un antiplaquettaire (le plus souvent ticagrelor) dans les 24-36 heures. Prévoir 4-6 unités de sang allogène.
- Perfusion d'héparine maintenue jusqu'à l'incision. Prévoir antithrombine III (Kybernin<sup>®</sup>, Atenativ<sup>®</sup>, 500-1000 UI) si l'ACT n'atteint pas 400 secondes après 300 UI/kg d'héparine.
- Perfusion de dérivés nitrés et/ou anticalciques maintenue jusqu'à la canulation aortique.
- Perfusion de vasodilatateur intracoronarien maintenue jusqu'à la cardioplégie.
- Si réanimation, connecter la ligne artérielle à l'introducteur de coronographie laissé en place; poser secondairement un cathéter artériel radial pour le postopératoire.

- Si un cathéter artériel pulmonaire est indiqué, poser l'introducteur, placer la Swan-Ganz à 20 cm (OD) après en avoir rincé les lumières, et remonter la housse de protection jusqu'à 80 cm (NB: dans ces conditions, les voies blanche (perfusions) et bleue (OD) sont en-dehors du patient !); le cathéter sera flotté en position pulmonaire ultérieurement, lorsque la situation sera stable.
- Les délais d'extubation sont sans importance face au danger ischémique que court le patient.
- On ne prélève un greffon mammaire que si la situation hémodynamique et myocardique est stable.

## Remplacements valvulaires

L'insuffisance et la sténose de chacune des valves cardiaques présentent des caractéristiques particulières, impliquant de rechercher un équilibre hémodynamique précis. Les patients présentant souvent des maladies valvulaires combinées ou des polyvalvulopathies, l'anesthésiste doit trouver quelle est l'affection prédominante car c'est elle qui va conditionner la gestion du cas; l'examen ETO est primordial à cet effet. D'une manière générale :

- La valvulopathie d'amont conditionne le débit intracardiaque.
- Les sténoses sont plus restrictives que les insuffisances.
- La FE n'est jamais un bon critère fonctionnel dans les valvulopathies parce que la géométrie du ventricule et les conditions de charge sont anormales.
- Le facteur déterminant pour la dysfonction ventriculaire est la dimension du ventricule (dimension téléstolique pour les insuffisances et dimension télédiastolique pour les sténoses) et son degré de remodelage.

Les sténoses bloquent toute possibilité d'augmenter le volume systolique (VS), alors que les insuffisances sont mieux tolérées parce que les ventricules sont de bonnes pompes-volume et que la régurgitation diminue si la postcharge baisse. La prédominance de sténose ou d'insuffisance peut s'estimer d'après la taille du ventricule: de petites dimensions (avec hypertrophie concentrique) dans les sténoses, il est dilaté dans les insuffisances. Pour le VG, le diamètre normal maximal en court axe est 4.0 cm/m<sup>2</sup> en télédiastole et 2.5 cm/m<sup>2</sup> en téléstole. Les insuffisances sont quantifiées en degrés de I à IV et les sténoses en degrés mineur, modéré et sévère. Les données suivantes sont très schématiques mais peuvent servir de repère; elles s'entendent pour des pathologies sévères et des remplacements valvulaires en CEC (Tableau A14 et A15). A l'induction, le propofol baisse la précharge.

### Insuffisance mitrale (IM)

Pour le VG, l'IM se caractérise par une absence de phase de contraction isovolumétrique (l'IM fuit dès que la PVG s'élève), une postcharge basse (l'IM est une soupape de pression), et une précharge élevée mais à basse pression de remplissage (POG). Le volume régurgité diminue si les dimensions du VG sont plus petites et si l'impédance à l'éjection baisse. Améliorant le remplissage antérograde de l'OG, la ventilation en pression positive est bénéfique. Hémodynamique à rechercher:

- Précharge maintenue: remplissage.
- Postcharge basse: vasodilatation systémique (diminue l'IM).
- Contractilité maintenue.
- Légère tachycardie.
- *Plein - tonique – ouvert.*
- Anesthésie: propofol ou etomidate, fentanyl/sufentanil, perfusion propofol ou isoflurane/sevoflurane ± midazolam; si FA: pas de pancuronium; cathéter de Swan-Ganz si IM sévère; IPPV bien tolérée.
- Si hypotension: éphédrine, volume.

Après correction chirurgicale de l'IM, le VG passe d'une surcharge de volume à postcharge basse (bien tolérée) à une surcharge de pression (mal tolérée), car la soupape de pression que représentait l'IM est supprimée: il doit maintenant assumer l'éjection contre l'impédance aortique. Comme il est dilaté, sa tension de paroi est élevée (loi de Laplace). En sortant de CEC, la situation est particulièrement délicate: le soutien inotrope est primordial, les résistances systémiques doivent rester basses (dobutamine, milrinone).

Cas particulier : prolapsus mitral (maladie de Barlow) avec  $IM \leq II$  (non chirurgicale). La fuite augmente si le ventricule gauche diminue de volume, puisque la course des cordages augmente; il faut donc maintenir le VG dilaté en évitant l'hypovolémie et la baisse des résistances systémiques. Le prolapsus avec indication opératoire ( $IM > III$ ) se comporte comme une IM classique. Hémodynamique à rechercher:

- Précharge élevée.
- Postcharge normale.
- Contractilité diminuée.
- *Plein et mou.*
- Anesthésie: propofol, fentanyl/sufentanil,  $\pm$  esmolol selon besoins.
- Hypotension: volume, néosynéphrine.

Tableau A14: Caractéristiques des insuffisances valvulaires	
Caractéristiques	Hémodynamique à rechercher
<b>Insuffisance mitrale</b>	
HVG excentrique, dilatation VG Précharge élevée IM $\uparrow$ si PA systémique $\uparrow$ IM fonctionnelle proportionnelle à PA DC dépend de postcharge basse Fonction systolique surestimée Fonction: D télésyst VG	Normovolémie Vasodilatation systémique Stimulation inotrope IPPV bénéfique <b>Plein - tonique - ouvert</b>
<b>Insuffisance aortique</b>	
HVG excentrique, dilatation max VG Précharge élevée IA $\uparrow$ si PA diastolique $\uparrow$ Bradycardie $\uparrow$ volume régurgité Fonction diminuée (D télésyst VG)	Précharge élevée Vasodilatation systémique Tachycardie Stimulation inotrope <b>Plein - rapide - ouvert</b>
<b>Insuffisance tricuspidiennne</b>	
HVD, dilatation VD (effet Bernheim) IT $\uparrow$ si PAP $\uparrow$ Précharge selon fonction VD Valvulopathie gauche dominante	Vasodilatation pulmonaire Précharge $\uparrow$ si HVD Précharge $\downarrow$ si insuff congestive VD <b>PAP basse - IPPV à basse pression - ALR</b>
<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">           Précharge élevée &amp; postcharge basse Fréquence <math>\uparrow</math> si fuite diastolique         </div>	
© Chassot 2017	

### Insuffisance aortique

Il faut systématiquement rechercher une IA à l'ETO avant toute opération en CEC, car l'IA, même peu importante, peut entraîner une dilatation aiguë du VG pendant la cardioplégie. Dans l'IA  $> II$ , la surcharge de volume à pression élevée (PA<sub>diast</sub>) entraîne une hypertrophie dilatative du VG. La bradycardie allonge la diastole et augmente le volume régurgité (risque de dilatation aiguë du VG); l'élévation des RAS augmente la régurgitation. Hémodynamique à rechercher:



- Précharge élevée.
- Postcharge basse : vasodilatation systémique (diminue l'IA).
- Contractilité renforcée.
- Fréquence élevée.
- *Plein - rapide – ouvert.*
- Anesthésie: etomidate, fentanyl/sufentanil, isoflurane, ( $\pm$  midazolam), pancuronium, Swan-Ganz si dilatation du VG.
- Hypotension: volume, éphédrine (pas de vasoconstricteur).

Le comportement hémodynamique du VG après la CEC est fonction de son degré de dilatation préopératoire.

### Sténose mitrale

Si elle est sévère (gradient moyen  $> 12$  mmHg,  $S < 0.6$  cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), la sténose mitrale conditionne toute l'hémodynamique; le débit diastolique y est lent; le VS est fixe, bas et non-modifiable. Le VG est petit et de fonction moyenne, l'OG est très dilatée et le plus souvent en FA. La tachycardie est très dangereuse (remplissage du VG impossible si la diastole est courte) mais la bradycardie mal supportée (VS bas). La stase chronique entraîne une hypertension pulmonaire importante. Hémodynamique à rechercher:

- Précharge élevée.
- Postcharge élevée (vasoconstriction systémique).
- Contractilité maintenue.
- Fréquence moyenne.
- *Plein - normocarde - fermé - ventilé.*
- IPPV bénéfique.
- Anesthésie: etomidate, fentanyl/sufentanil, midazolam ou perfusion de propofol, cathéter de Swan-Ganz.
- Hypotension: néosynéphrine.

Après remplacement de la valve, le petit VG reçoit un volume de remplissage excessif au cours de chaque diastole (effet congestif); son volume systolique est restreint, et sa fonction habituellement subnormale.

### Sténose aortique

Sténose sévère : gradient moyen  $> 50$  mmHg,  $S < 0.6$  cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. La postcharge élevée et fixe entraîne une HVG concentrique. La fonction systolique du VG est en général conservée; une dysfonction se traduit par une augmentation des dimensions télédiastoliques (Dtd  $> 4$  cm/m<sup>2</sup>). Mais la fonction diastolique est toujours très altérée: la compliance du VG est basse; son débit est très dépendant de sa précharge (volume, contraction auriculaire); la ventilation en pression positive freine le retour veineux, et altère considérablement l'hémodynamique. La pression intraventriculaire ne dépend pas de la pression intra-aortique à cause de l'obstacle fixe de la valve, toute hypotension artérielle systémique compromet la perfusion coronaire, car la pression intraventriculaire ne baisse pas proportionnellement; le risque ischémique est élevé, même à coronaires saines. Hémodynamique à rechercher:

- Précharge élevée.
- Postcharge élevée (RAS hautes).
- Contractilité maintenue.
- Maintenir DO<sub>2</sub> (risque ischémique sous-endocardique).
- Fréquence normale à basse.
- Rythme sinusal.
- *Plein - régulier – fermé.*
- Anesthésie: etomidate, propofol (baisse la précharge), fentanyl/sufentanil, sevoflurane ou perfusion de propofol ; Swan-Ganz ou PiCCO si dysfonction VG (Dtd élevé); IPPV mal tolérée.
- Hypotension: néosynéphrine, nor-adrénaline.

- Risque d'effet CMO après le RVA (levée de l'obstacle, HVG et petite cavité ventriculaire, hypovolémie, stimulation inotrope).

D'une manière générale, la ventilation en pression positive est bénéfique sur le débit transvalvulaire antérograde de l'insuffisance et de la sténose mitrales, mais elle compromet l'hémodynamique lorsque le VG souffre de dysfonction diastolique (HVG, cavité gauche rétrécie, sténose aortique, etc).

### Sténose sous-aortique dynamique: cardiomyopathie obstructive (CMO)

Bien que la cardiomyopathie obstructive soit rare en tant que pathologie primaire, il arrive plus fréquemment que la combinaison d'une HVG de type concentrique, d'une hypovolémie et d'une stimulation béta-adrénergique conduise à un *effet CMO*: subobstruction dynamique méso-télésystolique de la chambre de chasse du VG (CCVG), associée à une régurgitation mitrale par aspiration du feuillet septal dans la chambre de chasse (SAM) due à l'accélération du sang à l'éjection ( $V_{max} > 2.5$  m/s dans la CCVG). La vasodilatation systémique accentue le phénomène.

Le diagnostic se fait à l'échocardiographie. La thérapeutique vise à:

- Diminuer la performance myocardique: baisse des amines,  $\beta$ -blocage.
- Augmenter la volémie.
- Augmenter la postcharge: arrêt des vasodilatateurs, néosynéphrine, noradrénaline.
- *Plein - mou - fermé.*

Tableau A15: Caractéristiques des sténoses valvulaires	
Caractéristiques	Hémodynamique à rechercher
<b>Sténose aortique</b>	
HVG concentrique Dysfonction diastolique Précharge $\uparrow$ DC dépend de précharge et de contraction auriculaire Risque ischémique Fonction: D télédiast VG	Précharge élevée Fréquence 50 - 65 b/min Vasoconstriction systémique Rythme sinusal <b>Plein - régulier - fermé</b>
<b>Sténose sous-aortique dynamique</b>	
HVG concentrique Petite cavité VG (hypovolémie, vasoplégie, $\downarrow$ postcharge, $\uparrow$ contractil) Gradient $> 25$ mmHg dans la CCVG	Précharge élevée Vasoconstriction systémique Contractilité diminuée <b>Plein - mou - fermé</b>
<b>Sténose mitrale</b>	
VS fixe et bas DC $\downarrow$ si fréquence $\uparrow$ ou $\downarrow$ Précharge élevée HTAP, OAP	Vasoconstriction systémique Pas de tachycardie ni de bradycardie Maintien de la précharge Ventilation contrôlée bénéfique <b>Plein - normocarde - fermé - ventilé</b>
<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">           Précharge &amp; postcharge élevées Fréquence normale         </div>	
© Chassot 2017	

## Reprise d'interventions en CEC

La technique est fondamentalement la même que pour l'opération de base. Cependant, les problèmes chirurgicaux peuvent être considérables: accolement des structures, greffons veineux difficiles à trouver, difficultés de cardioplégie (persistance de la perfusion myocardique par un greffon mammaire interne), risque d'ischémie aiguë par lésion ou compression des greffons veineux antérieurs, ou par couture du greffon mammaire lors de l'ouverture du sternum. L'accolement des structures antérieures du cœur à la face interne du sternum fait courir un risque majeur de déchirure de l'OD ou du VD avec la scie sternale; il faut être prêt à un départ en CEC de toute urgence. L'intervention est plus longue et le risque significativement plus élevé que celui de l'opération première. Pour l'anesthésiste, elle se caractérise par des hémorragies importantes (prévoir 4-6 poches de sang), par des arythmies fréquentes, et par des risques ischémiques accrus.

- Voies veineuses de gros calibre permettant des transfusions rapides.
- Plaques de défibrillateur externe branchées.
- Poches de sang prête pour l'ouverture du sternum.
- Risque accru de réaction à la protamine (exposition préalable).
- Poches de sang, fibrinogène et PFC à disposition pour la sortie de CEC (en cas d'hémorragie massive).

Lorsqu'un greffon mammaire interne est encore fonctionnel, l'écartement du sternum peut couder le vaisseau et induire une ischémie antérieure immédiate; il est primordial de surveiller le segment ST en V5 pendant la dissection du médiastin antérieur. Comme l'artère mammaire vient de la sous-clavière, il est difficile de maintenir une cardioplégie efficace lorsqu'un greffon mammaire réaligne en permanence le myocarde par du sang de la CEC. Il faut donc disséquer et clamper le greffon mammaire; comme cela n'est pas toujours possible ni recommandé, on opère à cœur fibrillant ou on refroidit tout l'organisme à 18°C en faisant un "grand froid" de manière à ce que le sang de la mammaire ait la température la plus basse possible. Cette technique n'implique pas de protection cérébrale, mais il faut prévoir des poches de PFC et des unités plaquettaires (administrées après la protamine en cas d'hémorragie massive) pour diminuer les risques hémorragiques (altérations de la crase et de la fonction plaquettaire liées au froid. Fibrinogène et facteurs de coagulation administrés selon les résultats du thromboélastogramme.

Pour éviter de devoir disséquer des zones opérées, on peut aborder le cœur par thoracotomie droite (remplacement mitral) ou gauche (remplacement aortique, pontage sur l'IVA ou la CX); dans ce cas, il faut placer un tube 2-lumières gauche (ou un tube à bloqueur bronchique) et ventiler sélectivement le poumon controlatéral pendant la phase de dissection.

## Chirurgie cardiaque "minimalement invasive"

Interventions réalisées par des incisions restreintes (sternotomie haute partielle, mini-thoracotomie), avec l'assistance vidéo d'une caméra de thoracoscopie ou avec une technique robotique. La CEC est réalisée par canulation aortique, sous-clavière ou fémorale (artérielle et veineuse) sous assistance ETO.

L'anesthésie doit permettre une extubation rapide. Techniques de choix (voir Circuit accéléré):

- Induction au propofol; entretien avec une perfusion de propofol, ou un halogéné (isoflurane ou sevoflurane) si revascularisation coronarienne.
- Analgésie: fentanyl < 15 mcg/kg, sufentanil < 10 mcg/kg ou rémifentanyl en perfusion (0.2-1.0 mcg/kg/min). Pas de midazolam ni de morphine.
- Alternative: rachianalgésie (sufentanil + morphine); analgésie péridurale (bupivacaïne + fentanyl) seulement pour des cas sans CEC (voir page 41).
- Intubation sélective (tube à 2-lumières) pour les thoracotomies droites, en général pas nécessaire pour les thoracotomies gauches antérieures.
- Maintien strict de la normothermie peropératoire (sans CEC), réchauffement complet en fin d'intervention si CEC.
- Extubation < 2 heures postop.

Pendant les premières 24 heures, la thoracotomie est plus douloureuse que la sternotomie. L'antalgie postopératoire est donc un point capital pour le confort des patients.

- Infiltration parasternale (bupivacaïne), blocs intercostaux.
- Péridurale en continu (si applicable).
- PCA de fentanyl, tramadol (100 mg iv 3-4 x/24h), kétorolac (30 mg iv 3x/24h), métamizole (0.5-1.0 g iv 3-4x/24h).
- Oxycodone (10-40 mg/12h per os).
- Anti-inflammatoire.

L'utilisation d'halogénés en peropératoire augmente fortement l'incidence de nausées postopératoires lors d'utilisation de morphiniques intrarachidiens. En principe, la péridurale est réservée à des cas sans CEC, dont les AINS et les anticoagulants ont été stoppés au préalable (page 3); par précaution, elle est installée la veille au soir.

#### Monopontage AMIG - IVA (*Mid-CAB*)

Cette intervention se fait à coeur battant, sans CEC, par thoracotomie antérieure gauche. Le membre inférieur gauche est laissé libre pour un éventuel prélèvement de la veine saphène. Après héparinisation (100 mcg/kg), l'anastomose est réalisée sous vue directe; pendant la confection de cette dernière, le territoire vascularisé par l'IVA n'est plus perfusé (durée: 15-30 minutes). La technique est un pontage termino-latéral classique, ou un pontage libre entre l'AMIG et l'IVA par un greffon d'artère radiale (pontage en « H »). Stratégie:

- Prévention, monitoring (ECG et ETO) et traitement de l'ischémie myocardique.
- Stabilité hémodynamique.
- Conditions chirurgicales optimales: ventilation restreinte (FiO<sub>2</sub> 0.5-0.8, volume courant 3-4 mL/kg, fréquence 25-30/min, rapport I:E 1:4).
- Extubation précoce et confort postopératoire.

L'échocardiographie (cinétique de la paroi antérieure et de l'apex) est capitale pendant l'ischémie et lors du déclampage; il est important d'observer la fonction segmentaire spontanée sans stimulation catécholaminergique. La technique d'anesthésie est la même que celle des pontages à coeur battant par sternotomie (*OPCAB*) (Tableau A16).

### **Pontages à coeur battant (OPCAB)**

La technique de pontage aorto-coronarien à coeur battant par sternotomie (*OPCAB: Off-Pump Coronary Artery Bypass*) permet des anastomoses sur tous les territoires coronariens grâce à plusieurs astuces chirurgicales.

- Un point péricardique postérieur amarré à une compresse déroulée agit comme un levier et permet de basculer le coeur dans toutes les positions sans avoir à le toucher ni à le comprimer (*no-touch technique*); le coeur est progressivement énucléé de la cavité péricardique pour se retrouver l'apex au zénith dans une position offrant un accès à toutes ses faces.
- Un système de stabilisateur en "U" (Octopus™ Axius™ etc) permet d'immobiliser la zone de l'anastomose par compression légère et aspiration par un système de ventouses.
- Une ventouse placée à l'apex permet de maintenir le coeur dressé verticalement.

Cette technique abolit la morbidité liée à la CEC; elle diminue la réaction inflammatoire systémique, les saignements et les besoins en transfusion, et permet une extubation précoce, un raccourcissement du séjour hospitalier et une économie de 25% sur le coût global (voir Chapitre 10 Anesthésie pour OPCAB). Elle est particulièrement indiquée chez les patients à risque neurologique, chez les malades âgés, et lors de perturbation de la crase (antiplaquettaires), d'anticoagulation ou de risque hémorragique élevé. L'opération est caractérisée par deux phénomènes qui déterminent toute la prise en charge hémodynamique.

- Le basculement du cœur verticalise l'organe: les oreillettes se retrouvent sous les ventricules et les pressions de remplissage doivent augmenter pour propulser le sang vers le haut dans les ventricules; d'autre part, le stabilisateur exerce une certaine pression sur la paroi et diminue sa course; enfin, les positions imposées au cœur modifient sa structure, ce qui peut induire des insuffisances mitrale et tricuspidiennes, ou des sténoses relatives de ces valves.
- Le cœur ne cessant pas de battre pendant les pontages, la période de l'anastomose s'accompagne d'une ischémie locale lorsque le tronc coronarien est clampé; pour pallier à ce défaut de perfusion, le chirurgien introduit un petit shunt dans le vaisseau dès l'artériotomie, ce qui permet de confectionner l'anastomose en maintenant un flux minimal dans le vaisseau.

Quelle que soit la technique d'anesthésie qu'il utilise, l'anesthésiste doit donc viser une stratégie caractérisée par les points suivants:

- Maintien de la stabilité hémodynamique par des pressions de remplissage augmentées (Ringer-lactate, colloïde) et par une élévation de la postcharge (perfusion de noradrénaline pour PAM > 75 mmHg); on évite toute stimulation  $\beta$ -adrénergique avant la revascularisation complète.
- Diminution de la  $mVO_2$ : fréquence basse (maintien des  $\beta$ -bloqueurs en préopératoire, anticalcique), débit cardiaque momentanément minimal (surveiller la  $SvO_2$ ); maintien de la pression de perfusion coronaire.
- Maintien rigoureux de la normothermie.

Les étapes chirurgicales de l'intervention sont les suivantes:

- Chauffage de la salle d'opération à 24°C;
- Installation du malade selon la technique habituelle "bras le long du corps" sur un matelas chauffant, avec des appuis sur les côtés (tronc et jambe) pour retenir le patient lors des manœuvres de roulis.
- Incision par sternotomie et prélèvement d'une ou deux artères mammaires et de la veine saphène.
- Anticoagulation du patient, avant le clampage de la mammaire: héparine 200-250 UI/kg par voie centrale; ACT recherché : 250-350 secondes.
- Après une ouverture étendue du péricarde, luxation du cœur pour la mise en place d'un gros point de suspension sur le péricarde postérieur; cette manœuvre dure 10 à 20 secondes ; c'est le seul moment de l'intervention pendant lequel le cœur est manipulé. Une compresse est amarrée dans ce point et va servir de levier pour basculer progressivement le cœur par traction sur le péricarde.
- Pose de fils de pace-maker auriculaires; des électrodes ventriculaires sont mises en place avant toute anastomose sur le tronc de la coronaire droite (risque de bloc complet sur ischémie).
- Lente et progressive énucléation du cœur par traction sur la compresse. La stabilité hémodynamique est surveillée par la pression artérielle systémique et pulmonaire, par le débit cardiaque et par l'analyse des volumes cavitaires à l'ETO si les chambres cardiaques sont visibles. Elle nécessite en général une augmentation du remplissage et des résistances artérielles périphériques (perfusion de noradrénaline). Une hémodynamique complète avec  $SvO_2$  (à défaut de cathéter pulmonaire:  $SvcO_2$ ) est réalisée à chaque changement de position. La synchronisation entre le chirurgien et l'anesthésiste est essentielle.
- La position de la table d'opération est modifiée (roulis, Trendelenburg, etc) pour mettre en évidence le site de l'anastomose.
- Application sur la zone de l'anastomose distale du stabilisateur (aspiration à - 250 mbar); interposer un bocal de drain thoracique sur le circuit d'aspiration du stabilisateur.
- Après confection des anastomoses distales sous protection d'un shunt intracoronarien, les anastomoses proximales sont réalisées par clampage tangentiel de l'aorte ascendante; l'ordre des anastomoses distales est fonction du status coronarien (voir avec l'opérateur).
- Renversement de l'héparine par de la protamine (80% de la dose totale en mg).
- Pose de drains thoraciques et péricardiques, puis fermeture du sternum.
- Drains (1-2 thoraciques, 1 péricardique et 1 rétrosternal) sur Pleurevac®.

L'équipement est identique pour tous les cas:

- Monitoring ECG 5 dérivations avec analyse du segment ST.
- $SpO_2$ ,  $PetCO_2$ , pression brassard.
- 2 voies veineuses périphériques.

- Cathéter artériel de préférence fémoral.
- Cathéter pulmonaire de Swan-Ganz en jugulaire interne droite (PAP, DC, SvO<sub>2</sub>); à défaut: voie veineuse centrale multi-lumière et PiCCO™.
- Monitoring de curarisation (relaxographe) et BIS™.
- Echocardiographie transoesophagienne (ETO).
- Sonde urinaire, températures oesophagienne et rectale/vésicale.
- Bair-Hugger™ sur les côtés du patient, couverture "haut du corps".
- Cell-Saver™.

Les modifications peropératoires de la position du cœur changent le rapport des électrodes dans le triangle d'Einthoven et rendent difficile l'interprétation de la morphologie de l'ECG, en particulier du segment ST; le gain et l'analyse automatique doivent être réglés lors de chaque changement de position. En fixant au préalable des fils de pace-maker à l'apex du VG ou sur le stabilisateur, il est possible d'enregistrer l'ECG épicaudique de la zone ischémisée; le gain de cette dérivation doit être réduit au minimum (courants épicaudiques : 5-10 mV). La visibilité par l'ETO est limitée lorsque le cœur est énucléé du péricarde et que la compresse est en place sur le péricarde postérieur. Néanmoins, l'ETO est nécessaire pour apprécier le volume et la fonction ventriculaire, la présence d'une insuffisance mitrale ou tricuspidiene, et les altérations de la cinétique segmentaire avant et après la revascularisation. L'exposition du VG pour les anastomoses permet d'estimer le remplissage et la fonction systolique par la vision directe dans le champ opératoire.

La stabilité hémodynamique est assurée en premier lieu par le débit des perfusions (Ringer-lactate, colloïde, sang du récupérateur Cell-saver™). Le seuil de transfusion est le même que pour toute intervention de chirurgie cardiaque, mais il peut arriver que l'on doive maintenir un taux d'Hb plus élevé pendant une période d'ischémie manifeste ou de désaturation veineuse centrale profonde. Bien qu'il doive correspondre à celui prescrit en chirurgie thoracique (restriction discrète), le bilan hydrique est assez élevé, car les modifications positionnelles du cœur nécessitent un remplissage optimal pour maintenir une précharge qui doit être momentanément augmentée dans ces conditions (PVC 10-12 mmHg, POG 15-18 mmHg). Si le bilan est excessivement positif en fin d'intervention, on administre 0.5 gm/kg de mannitol.

Au moment des manœuvres, la stabilité hémodynamique (PAM  $\geq$  75 mmHg) est assurée par:

- élévation des membres inférieurs en maintenant le thorax à plat ( $\uparrow$  du retour veineux).
- Augmentation du volume de perfusion: 500 mL de colloïde à l'ouverture du péricarde.
- Doses réduites d'éphédrine (2.5 mg) en bolus, en évitant l'accélération du rythme cardiaque.
- Le maintien de la pression de perfusion coronarienne est assuré par des bolus répétés de phényléphrine (maximum 1 mg) ou une perfusion de nor-adrénaline (0.03-0.5 mcg/kg/min).

La période la plus instable ne correspond en général pas à la luxation maximale du cœur, mais à la compression de la paroi libre du VG par l'écarteur lors des anastomoses sur la face latérale du ventricule (CX). L'équilibre recherché consiste à maintenir la pression de perfusion coronarienne normale (PAM  $\approx$  75 mmHg), la fréquence basse et le débit cardiaque minimal assurant les besoins de l'organisme, ce qui est surveillé par la SvO<sub>2</sub> ( $\geq$  60%), la SvcO<sub>2</sub> ( $\geq$  65%) et l'équilibre acido-basique. Un approfondissement de la curarisation contribue à diminuer la demande en oxygène de l'organisme. On admet que la situation peut être momentanément critique.

Les indications à la conversion en CEC (< 2% des cas) sont la persistance des éléments suivants pendant plus de 15 minutes malgré un traitement agressif:

- PAM < 50 mmHg.
- Index cardiaque < 1.5 L/min.
- SvO<sub>2</sub> < 50%.
- Troubles du rythme sévères (TV soutenue, fibrillation ventriculaire).
- élévation du segment ST > 2 mm.
- Altérations majeures de la cinétique segmentaire ou défaillance aiguë du VG à l'ETO.

Ces modifications doivent être persistantes et ne pas céder à un traitement médicamenteux maximal pour justifier le recours à la CEC. La première manoeuvre est de repositionner le coeur. La deuxième est l'utilisation d'une assistance par contre-pulsion intra-aortique. L'anticoagulation doit être adaptée à la CEC par adjonction d'héparine (300 UI/kg) afin d'obtenir un ACT supérieur à 400 secondes. Pendant toute l'intervention, un(e) perfusionniste et une machine de CEC sont maintenus en "stand-by".

Les mesures préventives contre l'ischémie myocardique visent à optimiser le rapport  $DO_2/VO_2$  myocardique, à diminuer la fréquence cardiaque et à minimiser les lésions, notamment pendant l'anastomose (shunt) et lors de la reperfusion (augmentation du  $Ca^{2+}$  intracellulaire, libération de radicaux libres, etc). Cette prévention, dont le bien-fondé n'est pas fermement établi, est réalisée à l'aide des moyens suivants.

- Diltiazem (Dilzem<sup>®</sup>) : perfusion de 0.1 mg/kg/h, (sans dose de charge) de l'incision cutanée jusqu'à la fermeture. Intérêt : effet spasmolytique sur la mammaire, effet inotrope et chronotrope négatifs, diminution des lésions de reperfusion. Contre-indiqué si fréquence < 60/min ou bloc de conduction.
- Magnésium : 2-3 gm ( $MgCl_2$  2 amp 10 mL) iv lent à l'ouverture du péricarde (dose unique correspondant à 40 mg/kg, à répéter si arythmies ventriculaires peropératoires ultérieures). Avantages : vasodilatateur artériel, antiarythmique, cardio-protecteur par diminution des lésions de reperfusion, inoffensif.
- $\beta$ -bloquage si fréquence > 70/min: esmolol (Brevibloc<sup>®</sup>, bolus répétés de 10 mg ; perfusion de 100 à 300 mcg/kg/min). Alternative : métoprolol (Lopresor<sup>®</sup>) 5 mg iv lent (répéter jusqu'à 3 fois) ; veiller à ce que le rapport PAM/FC reste > 1.
- En cas de bradycardie importante (FC < 40/min) entraînant une baisse significative du débit cardiaque ( $SvO_2 < 60\%$ ): ajuster la fréquence (50-60/min) par un pace-maker monté sur les électrodes auriculaires mises en place à l'ouverture du péricarde; les trop longues diastoles dilatent le ventricule.
- Curarisation profonde en cas de baisse de la  $SvO_2$ .
- En cas d'hypertension pulmonaire avec PVC élevée : perfusion de nitroglycérine.
- En cas d'altération significative et persistante (> 10 min) du segment ST: perfusion de nitroglycérine.
- En cas d'arythmies ventriculaires: magnésium 0.5-1 g, xylocaïne 1 mg/kg iv.
- Pas de catécholamines à effet béta avant revascularisation complète, sauf en cas de choc cardiogène.

Le patient doit être anticoagulé pendant la confection des pontages. La dose de charge est de 200-250 UI/kg d'héparine, administrée par voie veineuse centrale juste avant le clampage de l'artère mammaire interne, à défaut à l'ouverture du péricarde; l'ACT doit être supérieur à 300 sec. Il est vérifié toutes les 20-30 minutes. Des doses supplémentaires d'héparine (25-50 mg) sont données selon les besoins pour maintenir la valeur de l'ACT > 300 sec. Avant la fermeture du péricarde, l'héparinisation est renversée au besoin par de la protamine, calculée sur base de 80% de la dose totale d'héparine (en mg).

La technique d'anesthésie (Tableau A16) est adaptée aux conditions hémodynamiques peropératoires et au maintien de la normothermie du patient. On vise a priori une extubation rapide, sauf dans les cas complexes. La technique recommandée doit être stable et permettre de se concentrer sur les événements hémodynamiques.

- Induction: etomidate ou propofol.
- Maintien par un halogéné à 1 MAC: isoflurane (concentration expirée 1-1.5%) ou sevoflurane (1.5-3%).  
Avantage: diminution des lésions ischémiques par effet de préconditionnement.
- Analgésie: fentanyl (bolus) ou sufentanil (bolus ou perfusion); rémifentanyl (0.1-0.5 mcg/kg/min): risque de bradycardie.
- Curarisation en cas de mouvements ou de chute de la  $SvO_2$ .

Vu le moindre risque hémorragique, beaucoup de patients sont maintenus sous aspirine et anti-plaquettaires jusqu'à l'intervention. Si l'angor est instable ou si la revascularisation percutanée est récente, il faut conserver la bithérapie antiplaquettaire. Cette protection essentielle contre la thrombose coronarienne empêche d'utiliser une technique loco-régionale. Toutefois, s'il n'y a pas de contre-indication, la péridurale thoracique ou la rachianalgésie peuvent être envisagées.

Tableau A16: Exemple de protocole pour les pontages à cœur battant

*Monitoring*

ECG 5-dérivations + analyse continue du segment ST  
Cathéter artériel (fémoral ou radial)  
Cathéter artériel pulmonaire de Swan-Ganz (voie jugulaire interne droite) ou PiCCO  
2 cathéters veineux périphériques (18G et 14 G)  
Echocardiographie transoesophagienne (ETO)  
Températures oesophagienne et rectale/vésicale, sonde urinaire  
Hémodynamique complète + SvO<sub>2</sub> à chaque changement de position du cœur  
ACT toutes les 30 minutes pour valeur > 300 sec

*Induction et maintien de l'anesthésie*

Etomidate ou propofol  
Fentanyl (dose totale: < 15 mcg/kg) ou sufentanil (< 10 mcg/kg, perfusion 0.5-1.0 mcg/kg/min)  
Isoflurane ou sevoflurane (concentration expiratoire: environ 1 MAC pendant toute l'opération)  
Intubation endotrachéale avec tube standard (double-lumière si incision de thoracotomie)  
Ventilation: hyperventilation modérée (ad PaCO<sub>2</sub> 30-35 mmHg) avec O<sub>2</sub>/air; selon besoins chirurgicaux, ventilation à bas volume courant (4 mL/kg), haute fréquence (30/min) et I:E de 1:4

*Mesures prophylactiques*

Température de la salle réglée à 24°C  
Réchauffement des perfusions  
Couverture chauffante à air pulsé (Baer-Hugger™)  
Diltiazem (0.1 mg/kg/h) sans dose de charge, débit fixe de l'incision jusqu'à la fermeture  
Magnesium (MgCl<sub>2</sub>) 2-3 gm intraveineux à l'ouverture du péricarde  
Héparine 200 UI/kg au clampage de la mammaire (ACT recherché > 300 sec)  
500 mL colloïde à l'ouverture du péricarde  
Electrode auriculaire connectée à un pace-maker; électrode ventriculaire lors de chirurgie sur la coronaire droite proximale

*Perfusions*

Perfusion de Ringer-lactate selon besoins (total habituel: 2500 – 3000 mL)  
Mannitol 0.5 gm/kg à la fin de l'opération si le bilan est excessivement positif  
Seuil de transfusion: 80 g Hb/L (90-100 g/L en cas d'ischémie active ou de SvO<sub>2</sub> < 60%)  
Pertes sanguines traitées par récupérateur (CellSaver™)

*Hypotension*

Élévation des jambes, augmentation du débit de perfusion  
Perfusion de nor-adrénaline  
Augmentation de la fréquence cardiaque à 50-60 batt/min (pace-maker) en cas de bradycardie  
Hypertension pulmonaire : perfusion de nitroglycérine, hyperventilation

*Bas débit (SvO<sub>2</sub> < 65%)*

Augmentation de la fréquence cardiaque par le pace-maker  
Augmentation de la précharge  
Curarisation profonde  
Pas de β-stimulation avant la revascularisation (sauf choc cardiogène)  
Contre-pulsion intra-aortique (CPIA) en cas de défaillance gauche

*Indications au passage en CEC*

Persistance des éléments suivants malgré 15 minutes de thérapeutique agressive:  
Index cardiaque < 1.5 L/min/m<sup>2</sup>  
SvO<sub>2</sub> < 50%  
PAM < 50 mmHg  
Surélévation du segment ST > 2 mV, arythmies ventriculaires malignes  
Altérations importantes de la cinétique segmentaire ou défaillance du VG à l'ETO  
Collapsus circulatoire



Rachi-analgésie:

- Injection intrathécale (L2-L3 ou L3-L4) de 0.5 mg morphine et de 50 mcg sufentanil, dilués ad 5 ml NaCl 0.9% juste avant l'induction (propofol).
- Spray intratrachéal de xylocaïne 4% pour l'intubation.
- Maintien par isoflurane (1-1.5%) ou sevoflurane (1.5-3%).

Péridurale thoracique:

- Ponction C7-D1 la veille de l'opération; renvoi si ponction hémorragique ou douteuse.
- Bloc: 4 mL bupivacaïne 0.75% + 4 mL fentanyl en 12 min; perfusion: idem à 2 mL/h; en postopératoire: perfusion BAF 2 à 3 mL/h.
- Induction: propofol ou étomidate; spray intratrachéal de xylocaïne 4% pour l'intubation.
- Maintien par isoflurane (1-1.5%) ou sevoflurane (1.5-3.0%).

La ventilation est conventionnelle (normoventilation), mais elle peut être modifiée selon les besoins du champ opératoire en réduisant le volume courant (3-4 mL/kg), en augmentant la fréquence (25-30 cycles/min) et en modifiant le rapport I/E (1:4); l'adéquation des échanges gazeux est contrôlée par gazométrie.

Le réveil précoce n'est possible que si le malade est normotherme; la salle est chauffée à 24°C, les perfusions sont chauffées, le patient est enveloppé dans un système à air chaud pulsé. Si le malade est normotherme et normocarde en fin d'intervention, une extubation précoce (< 2 heures) est envisagée après contrôle des échanges gazeux en respiration spontanée, de la radiographie du thorax et de l'hémostase. Dans le cas contraire, le patient reste intubé jusqu'à ce que son état permette une extubation; ce délai ne devrait pas dépasser 2-4 heures.

## Tamponnade

L'hémodynamique du patient en anesthésie dépend de la prédominance de la tamponnade sur les cavités droites ou sur les cavités gauches, de la fonction ventriculaire systolique, de la volémie, de la pression abdominale, de la pression intra-thoracique et de la transmission de la pression de ventilation par les poumons (voir Chapitre 16 Pathologie péricardique). Hémodynamique à rechercher:

- Précharge élevée (remplissage).
- Postcharge élevée (vasoconstricteur).
- Contractilité maintenue.
- Fréquence élevée.
- *Plein - rapide - fermé.*

Comme il est difficile de prévoir le comportement du malade avec la ventilation en pression positive, on teste sa réactivité hémodynamique potentielle:

- Pose d'un cathéter artériel fémoral ou radial (le plus rapide des deux); la voie fémorale est accessible même chez un patient choqué.
- Exécution d'une manoeuvre de Valsalva soutenue (20 - 30 secondes).
- Observation de l'évolution de la pression artérielle pendant le Valsalva et après le relâchement de la pression intrathoracique (inspiration profonde).

Si le pouls paradoxal s'atténue et que la pression artérielle reste stable au cours du Valsalva (cas le plus fréquent), la ventilation mécanique sera très probablement bien supportée.

- AG et ventilation en pression positive.
- Etomidate, curare, fentanyl ou alfentanil.
- Intubation et ventilation en pression positive.
- Pose de la sonde d'échocardiographie après l'intubation.

Si la pression n'est pas stable au cours du Valsalva (hypotension prolongée), il faut maintenir une ventilation spontanée jusqu'au drainage.

- Désinfection et champage chirurgical avant l'induction.
- Induction: anesthésie topique, gargarisme avec xylocaïne 4%, sevoflurane (5-8%) au masque, intubation en spontanée sans curare. Souvent difficile à réaliser, risque d'hypotension sur la haute concentration de sevoflurane (effet inotrope négatif et vasodilatation artérielle).
- Alternative: etomidate, suxaméthonium, intubation, reprise de la ventilation spontanée.
- Après drainage du péricarde: curarisation, fentanyl, alfentanil ou remifentanil.

L'échocardiographie transthoracique pré-induction est une aide précieuse pour déterminer le degré et la localisation de la compression cardiaque par l'épanchement ou les caillots; la voie transoesophagienne est utilisée après l'intubation. Après chirurgie cardiaque, la situation est particulière: les thrombus sont fréquents et peuvent comprimer une seule cavité cardiaque, la fibrine peut cloisonner l'épanchement sanguin en cavités closes, le cœur est immobilisé, certains signes échocardiographiques sont absents ("danse" du cœur dans l'épanchement, variation excessive du flux mitral, collapsus pariétal). Si le patient est très compromis ou très instable, un drainage de décompression sous-xyphoïdien à l'aiguille en anesthésie locale s'impose avant l'induction, pour autant que l'épanchement soit liquidien. Dans les épanchements chroniques, la décompression brusque des cavités cardiaques peut entraîner une dilatation ventriculaire.

## Diabète

La prise en charge du patient diabétique poursuit un triple but (voir Chapitre 21, Diabète):

- Prévenir l'hypoglycémie (plus dangereuse que l'hyperglycémie chez un malade endormi).
- Empêcher une hyperglycémie > 10 mmol/L (maintenir 8-10 mmol/L).
- Gérer les problèmes de la dysautonomie.

Les patients diabétiques doivent être opérés en premier le matin. Le régime de routine est le suivant:

- Pas d'insuline le matin.
- Glycémie et gazométrie artérielle à l'arrivée en salle d'opération.
- Perfusion continue d'insuline (Actrapid®): 1.0 U / mL (100 UI dans 50 mL glucose 5%) sur pousse-seringue. Débit horaire: dose quotidienne totale/24 et multipliée par 1.2-1.5 ; dans le doute: 3-5 UI/h; puis selon glycémies itératives.
- Perfusion indépendante de glucose 20% ou 50% (pompe-seringue) si risque d'hypoglycémie (facultatif).
- Points de repère : 1-2 gm glucose/UI insuline pour abaisser la glycémie, 3 gm/UI pour la maintenir stable ; en cas de simple hyperkaliémie : 5 gm glucose/1 UI insuline.
- Maintenir stable la perfusion d'insuline et modifier le débit de celle de glucose selon les glycémies.
- Glycémie toutes les heures; contrôle fréquent de l'équilibre acido-basique.
- Arrêt des perfusions d'insuline et de glucose pendant le temps hypothermique de la CEC.
- Reprise des perfusions dès le réchauffement (après glycémie de contrôle).
- Administration de potassium selon la kaliémie; se souvenir que la cardioplégie est déjà responsable d'une hyperkaliémie en CEC.
- Les besoins sont modifiés par les catécholamines à effet bêta.

Chez les malades non-insulino-requérants, une perfusion d'insuline ne s'impose pas de routine, mais se justifie dès que l'hyperglycémie dépasse 10 mmol/L. A cause de leur effet anti-préconditionnement, les sulfonylurées doivent être arrêtée 48 heures avant les opérations de revascularisation coronarienne, et remplacées par de l'insuline selon besoin.

## Insuffisance rénale terminale

Pour autant qu'on n'utilise pas de substances néphrotoxiques ni de médicaments à élimination rénale, la technique d'anesthésie a moins d'importance que le maintien d'une volémie et d'une pression de perfusion normales pendant toute l'intervention, y compris pendant la CEC. Les patients équilibrés en dialyse ont un meilleur pronostic que les patients non-dialysés dont la clairance de la créatinine est  $< 40$  mL/min (voir Chapitre 21, Insuffisance rénale).

Les patients dialysés sont fréquemment hypervolémiques, hypertendus et anémiques; le volume de distribution des médicaments est augmenté et la demi-vie des substances à élimination rénale est prolongée. Ils présentent des troubles du métabolisme calcique et de la coagulation, à identifier avec un thromboélastogramme avant la CEC. Il est impératif de prendre une série de précautions.

- EPO et fer préopératoire pour maintenir une Hb optimale.
- Hémodialyse la veille de l'intervention.
- Double canulation veineuse auriculaire et récupération de la cardioplégie en-dehors du circuit de CEC, ou hémofiltration ( $[K^+]$  de la cardioplégie: 20-30 mmoles/L).
- Hémofiltration peropératoire en CEC: ultrafiltration du potassium et de 1-2 L d'ultrafiltrat.
- $Ca^{++}$  à la sortie de CEC.
- Perfusion de glucose et d'insuline en cas d'hyperkaliémie (200 mL glucose 20% + 20 UI Actrapid<sup>®</sup>, ou 10 UI Actrapid<sup>®</sup> dans 50 mL glucose 50%).

La technique d'anesthésie comporte les points suivants (Tableau A17):

- Monitoring invasif: cathéter de Swan-Ganz, ETO; éviter les ponctions artérielles ou veineuses aux avant-bras (réservés pour les fistules artério-veineuses).
- Installation "bras écartés" et surveillance de la fistule artério-veineuse.
- Médicaments: étomidate, propofol, fentanyl, sufentanil, remifentanyl; isoflurane. Curares: cisatracurium ou mivacurium. Sevoflurane:  $\leq 1.5$  MAC.
- Restriction liquidienne: pas de perfusion d'entretien; éphédrine ou phényléphrine en cas d'hypotension.
- Restreindre au minimum les cristalloïdes (surcharge électrolytique) et le glucose 5% (surcharge en eau).

Tableau A17: Agents d'anesthésie et insuffisance rénale

Substances dont la pharmacocinétique n'est pas modifiée

- Etomidate, propofol, kétamine
- Alfentanyl, rémifentanyl
- Isoflurane
- Atracurium, cis-atracurium, mivacurium
- Anesthésiques locaux
- Atropine, glycopyrrolate
- Augmentin<sup>®</sup>

Substances dont l'effet est prolongé et le dosage doit être réduit

- Thiopental, midazolam
- Morphine, sufentanil, fentanyl  $> 20$  mcg/kg
- Dexmédétomidine
- Vécuronium, rocuronium
- Sevoflurane (dosage  $< 2$  MAC)

Substances contre-indiquées

- Suxamethonium ( $K^+ > 5.0$  mmol/L), pancuronium
- Mépéridine, kétorolac
- HAES

## Asthme et bronchopathie spastique

Les patients asthmatiques présentent un risque augmenté de crise bronchospastique au sortir de CEC (taux de déclencheurs élevés). Ils doivent prendre tous leurs médicaments broncholytiques lors de la prémédication. L'anesthésie dispose des moyens prophylactiques et thérapeutiques suivants:

- Anesthésie et analgésie profondes.
- Spray de xylocaïne 4% pour anesthésie topique de la trachée avant l'intubation.
- 500 mg Solumédrol® dans le liquide d'amorçage de la CEC.
- Reventilation précoce en fin de CEC; hyperinflation manuelle et long expirium.
- Spray de Ventolin® dans le tube endotrachéal selon besoin.
- Ventolin®, 4 mcg/kg bolus iv lent.
- Aminophylline, 3-9 mg/kg.
- Si insuccès: perfusion d'adrénaline ou d'isoprénaline, selon l'état des résistances périphériques.
- Soutien en CEC partielle jusqu'à ce que les échanges gazeux soient tolérables; hypercapnie permissive.

Le risque de réaction bronchospastique à la protamine est élevé.

## Thrombendartérectomie carotidienne (TEAC)

Qu'elle soit isolée ou associée à une autre intervention, la TEAC est réalisée de préférence sous anesthésie loco-régionale. Cette technique évite l'utilisation systématique d'un shunt de Javid, très emboligène, grâce à la surveillance constante du status neurologique (voir Chapitre 19, Chirurgie carotidienne).

Prémédication:

- Maintenir tous les traitements hémodynamiques: anti-hypertenseurs (sauf les IEC et les ARA), anti-ischémiques, antiarythmiques et anticoagulants (héparine, AINS, antiplaquettaires, etc).
- Pas de diazépines ni d'opiacés.
- Liquides clairs (sucrés) le matin si opération l'après-midi.

Installation et bloc cervical:

- Une voie veineuse périphérique (Venflon™ G17 ou 18) sur chaque bras.
- Cathéter artériel fémoral, ou radial du même côté que l'intervention.
- Bloc cervical superficiel et infiltration de la zone d'incision avec environ 30 mL Bupivacaïne 0.5% sans adrénaline. Dose maximale pour un adulte: 175 mg (35 mL 0.5%); dose toxique: 2.5 mg/kg. Toujours aspirer dans la seringue à chaque déplacement de l'aiguille.
- Bras ipsilatéral le long du corps, bras controlatéral sur appui-bras; position légèrement assise.
- Nitroprussiate (Nipruss®) branché (perfusion bloquée) sur un robinet 3-voies sans rallonge raccordé au Venflon™ du bras ipsilatéral.
- Flex™ de 250-500 mL selon la taille du patient, placé dans la main controlatérale, relié à la deuxième ligne de pression (jaune) sur l'échelle de 180 ou 240 mmHg. Ce système mesure la force de contraction pendant le clampage carotidien.
- Mise en place des capteurs de saturation cérébrale (ScO<sub>2</sub>) sur la région fronto-pariétale de chaque côté.
- Installation confortable du malade; draps chauds.
- Mise en place du cadre oblique.
- Ventimask™ 50% et capnographe installé dans le masque.

Contrôle hémodynamique:

Avant et pendant le clampage carotidien, il est recommandé de maintenir la PAM 20% au-dessus de sa valeur de base, au besoin avec des injections de phényléphrine; au-delà de 1 mg (max), passer à la noradrénaline. En cas de bradycardie associée, l'éphédrine est préférable. Toute modification du status neurologique doit commander en

premier lieu une augmentation de la PAM. En cas de poussée hypertensive, le choix se porte d'abord sur des substances sans effet vasodilatateur artériolaire, donc ne modifiant pas l'autorégulation cérébrale.

- Baisse du tonus sympathique basal: Fentanyl 25 - 50 mcg en bolus (analgésie, sédation).
- Si fréquence > 70 / min ou si patient coronaropathe: esmolol (Brévibloc® 10 mg en bolus), à répéter autant que nécessaire, en se basant sur la réponse de la fréquence cardiaque.
- Nitroglycérine en perfusion.

Au déclampage, la PAM doit être inférieure de 20% à sa valeur de base (risque d'*overflow*: oedème cérébral, hémorragies focales): dès 3 minutes avant le déclampage, nitroprussiate en perfusion, éventuellement bolus de phentolamine.

L'anesthésie du glomus carotidien par l'infiltration chirurgicale induit un état de dysautonomie hémodynamique qui se traduit par une relative résistance à l'installation de l'effet hypotenseur du nitroprussiate, mais par une grande sensibilité dès que cet effet survient. Une seringue de phényléphrine (100 mcg/mL) doit être à disposition.

Troubles neurologiques au clampage:

Le test de clampage dure 2 minutes. En l'absence de troubles neurologiques (état de conscience, acuité psychique, idéation, élocution, troubles moteurs, convulsions, etc), on procède à l'intervention sans shunt de Javid. Dans le cas contraire, on augmente immédiatement la PAM avec des bolus de phényléphrine (100 mcg iv). Deux situations sont possibles:

- Symptomatologie focale (parésie ou plégie controlatérale, trouble de l'élocution ou de l'idéation, aphasie): mise en place immédiate d'un shunt, en continuant l'opération sous anesthésie loco-régionale; maintien d'une PAM élevée.
- Symptomatologie clonique, convulsions, perte de conscience: arrêt du clampage, conversion en anesthésie générale avec intubation (étomidate, fentanyl, curarisation rapide), intervention conduite sous protection d'un shunt de Javid; seule la ScO<sub>2</sub> renseigne alors sur l'état de la perfusion cérébrale.

Les nausées et vomissements sont en général le signe d'une insuffisance de perfusion cérébrale; administrer de la phényléphrine en bolus pour élever la PAM.

Suites postopératoires:

Séjour en Salle de Réveil, sauf pour les patients ayant présenté des troubles neurologiques ou dont le status cardio-respiratoire commande une surveillance en Soins Intensifs. Aspégic 250 mg iv. En cas d'apparition de troubles neurologiques nouveaux dans le postopératoire immédiat: scan cérébral d'urgence. Antalgie postopératoire: paracétamol. Reprendre l'anticoagulation selon ordre chirurgical.

Pontage carotido - sous-clavier:

Cette intervention se pratique en deux temps. L'anastomose entre la prothèse et la carotide est réalisée sous bloc cervical superficiel selon la technique habituelle; le malade est ensuite endormi pour l'anastomose sur la sous-clavière, car il n'est pas possible d'anesthésier la région infra-claviculaire au moyen d'un bloc. On peut procéder par masque facial, masque laryngé ou intubation, avec du propofol ou un halogéné. Vu les effets vagolytiques et sympathicotoniques de l'anesthésie du sinus carotidien, la situation peut être hémodynamiquement peu stable.

## Chirurgie de l'aorte thoracique

Chacun des trois segments de l'aorte thoracique présente des caractéristiques et des contraintes qui lui sont propres (voir Chapitre 18, Aorte thoracique). Pour toute intervention sur l'aorte thoracique, il est judicieux de disposer de deux canules artérielles (courbes affichées de deux couleurs différentes sur l'écran du moniteur), dont l'emplacement est choisi en fonction de l'intervention: artères radiales droite et gauche ou artère radiale et fémorale,

selon la tactique opératoire. Il est nécessaire de discuter avec l'opérateur de la stratégie chirurgicale afin de placer les cathéters artériels de manière adéquate. Un cathéter de Swan-Ganz (pression affichée en jaune) est la plupart du temps indiqué. La manchette à pression et le saturomètre sont placés sur le bras opposé à celui de la canulation artérielle radiale s'il n'y en a qu'une.

### Aorte ascendante

Les risques majeurs sont une rupture pariétale, une aggravation de la dissection, une insuffisance valvulaire aortique, une défaillance du VG par surcharge de volume, et une tamponnade. L'intervention consiste en un remplacement du segment ascendant de l'aorte, souvent accompagné d'une plastie ou d'un remplacement de la valve aortique; si l'anneau est dilaté, on remplace en bloc la valve et l'aorte et on réimplante les coronaires (opération de Bentall). La pression dans l'aorte doit être maintenue basse avant la CEC. Il arrive que l'anastomose distale englobe une partie de la crosse et doive être réalisée à ciel ouvert sous arrêt circulatoire en hypothermie profonde et sous protection cérébrale (voir ci-dessous Crosse de l'aorte).

Tableau A18: Caractéristiques de l'anesthésie pour la chirurgie de l'aorte ascendante	
Risques majeurs	Rupture pariétale Aggravation de la dissection Insuffisance valvulaire aortique Tamponnade Ischémie coronarienne Dilatation / défaillance du VG
Priorités	Maintenir la pression systémique basse Prévenir la défaillance / ischémie du VG
Anesthésie	Eviter toute poussée hypertensive Vasodilatateur artériel (nitroprussiate de Na, phentolamine) Réduction de contractilité et de FC (esmolol, metoprolol, labetalol) Maintien : isoflurane, fentanyl/sufentanil
Monitoring	Artère fémorale + radiale droite/gauche selon canulation de CEC Cathéter pulmonaire de Swan-Ganz ETO Saturométrie cérébrale ScO <sub>2</sub>
Risques postopératoires	Hémorragie, tamponnade Ischémie – infarctus AVC IA résiduelle

- Abaissement du dP/dt: esmolol (Brevibloc<sup>®</sup>, bolus 10 mg ou perfusion 0.1 - 0.3 mg/kg/min).
- Abaissement des résistances artérielles: nitroprussiate de Na (Nipruss<sup>®</sup>) en perfusion, phentolamine (Régitine<sup>®</sup> en bolus de 1 mg). PAM visée: 60-70 mmHg.
- Fréquence cardiaque: éviter la tachycardie (augmentation du stress de paroi aortique) et la bradycardie (dilatation du VG sur l'insuffisance de la valve aortique).
- Les substances à effet mixte  $\alpha$  et  $\beta$  (Trandate<sup>®</sup>, Dilatrend<sup>®</sup>) sont d'usage moins pratique en peropératoire parce qu'il est impossible de modifier les deux effets séparément.
- Canulation artérielle fémorale droite; laisser l'axe fémoral gauche libre pour la canulation de CEC; en cas de doute, laisser l'artère la mieux palpable à disposition de la chirurgie.

- Canulation radiale droite pour monitorer la perfusion carotidienne droite en cas de clampage distal haut de l'aorte ascendante, risquant d'englober le tronc brachio-céphalique.
- Canulation radiale gauche si la canulation artérielle de CEC est prévue par l'artère sous-clavière droite.
- Voies veineuses de gros calibre; introducteur de Swan-Ganz et cathéter 2-3-lumières en jugulaire; en cas d'urgence, le cathéter pulmonaire est introduit lorsque la situation est calme.
- Anesthésie: étomidate, fentanyl, sufentanil, isoflurane., propofol si hémodynamiquement stable.
- Monitoring ScO<sub>2</sub> (capteurs fronto-temporaux bilatéraux).
- Surveillance ETO : importance et mécanisme de l'insuffisance aortique, tamponnade, dilatation VG, visualisation de la membrane et des déchirures (dissection A).
- Opération par sternotomie.
- Risques postopératoires: hémorragies, tamponnade, insuffisance biventriculaire, ischémie coronarienne, insuffisance aortique, accident vasculaire cérébral; éviter toute poussée hypertensive (fragilité aortique).

### Crosse de l'aorte

La réparation de la crosse implique un arrêt de la perfusion cérébrale, dont la durée tolérable est prolongée grâce à différentes mesures de protection, parmi lesquelles l'hypothermie joue un rôle primordial. Les moyens essentiels pour limiter les séquelles neurologiques sont: 1) limitation de la durée de l'arrêt, 2) refroidissement du cerveau, et 3) maintien d'un débit sanguin cérébral minimal. Deux techniques principales sont à disposition.

- Arrêt circulatoire total en hypothermie profonde: Toeso 15-18° C. Protection cérébrale "sûre" de 20-30 minutes; un prolongement à 45 minutes n'entraîne en général pas de troubles neurologiques irréversibles.
- Perfusion continue du cerveau en hypothermie modérée (22-28°C) par canulation carotidienne séparée (perfusion antérograde à 6-10 mL/kg/min et 40-60 mmHg) ou par canulation de l'artère sous-clavière droite (10-15 mL/kg/min) et clampage des vaisseaux de la gerbe à leur origine. Dans le deuxième cas, la pression est évaluée dans l'artère radiale gauche (50-60 mmHg).

La tendance actuelle est une CEC avec double canulation artérielle: sous-clavière droite (tête) et fémorale (viscères) sous hypothermie modérée (25-28°C). Le cœur est protégé par cardioplégie itérative. Plusieurs autres mesures de protection cérébrale sont utilisées.

- Hypothermie: T°sang 18-20°C, glace pilée ou casque de chimiothérapie autour de la tête dès le refroidissement; prévoir une quinzaine de petits sacs de glace, placés autour du cou et tout autour de la tête, maintenus avec un drap; protéger le nez, les yeux et les oreilles des gelures.
- Mesure de la température cérébrale: thermomètre nasal positionné contre les cellules ethmoïdales.
- Prévention des embolies gazeuses: position de Trendelenburg forcée (placer des appuis aux épaules).
- Baisse du métabolisme: curarisation et anesthésie profondes (curare, midazolam et fentanyl/sufentanil 15 minutes avant l'arrêt).
- Normoglycémie (surveiller la glycémie avant et pendant la période de refroidissement).
- Transport d'O<sub>2</sub>: Ht min 24-25%.
- Protection pharmacologique: Solumédrol® (1-2 gm iv au minimum 45 minutes avant l'arrêt, c'est-à-dire pendant la canulation), mannitol (0.5 gm/kg dans le liquide d'amorçage de la CEC ou 20 minutes avant l'arrêt), MgCl<sub>2</sub> (10 mmoles dans CEC, 5 minutes avant l'arrêt).
- Aucune administration médicamenteuse n'est possible pendant l'arrêt circulatoire.

Le réchauffement doit être lent pour éviter un effet rebond et une hyperthermie cérébrale (38-39°C) très délétère pour les séquelles neurologiques. La CEC est donc longue et les perturbations de la coagulation abondantes.

L'intervention se pratique en général par sternotomie (voir avec l'opérateur). L'anesthésie proprement dite est conduite de manière à offrir une stabilité hémodynamique et une perfusion cérébrale optimales.

- Equipement: cathéters artériels fémoral et radial (côté: en principe gauche, mais voir avec l'opérateur) ou double radial, Swan-Ganz, cathéter central 2-3-lumière, ETO; en cas de canulation sous-clavière droite, on place le cathéter radial à gauche.
- Tube 2-lumières (gauche) si thoracotomie, tube simple si sternotomie.

- Moniteur de saturation cérébrale (ScO<sub>2</sub>) avec un capteur sur chaque hémisphère.
- Mesure de la pression de perfusion cérébrale : PAM radiale – P jugulaire (mesure sur le bras latéral de l'introducteur).
- Fibrinogène, facteurs de coagulation, PFC et plaquettes à disposition après la CEC (coagulopathie liée à l'hypothermie profonde).
- Risques postopératoires: troubles neurologiques centraux, paraplégie, SDRA, hémorragie, troubles de la coagulation.

Il est intéressant de pouvoir juger rapidement le status neurologique postopératoire en ayant un contact avec le patient: éveil momentané en fin d'intervention si nécessaire (Narcan<sup>®</sup>, Anexate<sup>®</sup>); l'extubation a lieu après 8 à 24 heures, ou davantage selon les conditions.

Tableau A19: Caractéristiques de l'anesthésie pour la chirurgie de la crosse aortique	
Caractéristiques :	Risque ischémique cérébral Arrêt cardio-circulatoire (hypothermie profonde < 18°C) ou perfusion cérébrale sélective (22-28°C)
Risques majeurs :	Lésions neurologiques cérébrales (AVC) Ischémie médullaire
Priorités :	Protection cérébrale Brièveté de l'arrêt Perfusion cérébrale continue
Mesures de protection :	Hypothermie profonde (Toeso < 18°C) Perfusion isolée / semi-sélective Trendelenburg, refroidissement cérébral Normoglycémie Mannitol, Mg <sup>++</sup> (Thiopental, nimodipine, méthylprednisolone)
Anesthésie :	Maintenir normotension (PAM 80 mmHg) Légère hyperventilation (PaCO <sub>2</sub> 30-35 mmHg) Maintien : propofol ou sevoflurane, fentanyl/sufentanil Anesthésie et curarisation profondes Normoglycémie et équilibre acido-basique
Monitoring	Artère fémorale + radiale gauche ou 2 artères radiales Cathéter pulmonaire de Swan-Ganz ETO Saturométrie cérébrale ScO <sub>2</sub>
Risques postopératoires :	Séquelles neurologiques cérébrales (AVC) Vasoplégie prolongée Hémorragie sur troubles de la crase Syndrome de fuite capillaire, acidose Insuffisance rénale

### **Aorte thoracique descendante et thoraco-abdominale**

Le clampage de l'aorte descendante présente deux risques majeurs:



- Hypertension en amont: défaillance du VG par surcharge de pression.
- Ischémie en aval: ischémie médullaire, ischémie splanchnique, insuffisance rénale, acidose lactique.

Tableau A20:  
Stratégie multimodale de protection médullaire

Prévention

- Limitation de la durée de clampage aortique
- Clampages étagés
- Hypothermie (32°C)
- Normoglycémie
- Préconditionnement (halogéné, clampages itératifs)
- Pharmacoprotection (stéroïdes, magnésium, papavérine, etc)

Amélioration de la perfusion médullaire et de l'apport d'O<sub>2</sub>

- Perfusion distale par CEC partielle
- Bypass du cœur gauche (circuit + pompe OG – artère fémorale)
- Pression de perfusion (PAM ≥ 80 mmHg)
- Drainage de LCR (pression LCR < 10 mmHg)
- Réimplantations artérielles
- Hb ≥ 100 g/L
- PaO<sub>2</sub> > 100 mmHg

L'intervention se fait par thoracotomie gauche ou thoraco-phréno-lombotomie. La perfusion en-dessous du clampage est assurée soit par un circuit avec une pompe centrifuge entre l'OG et l'artère fémorale (bypass du cœur gauche), soit par une CEC partielle fémoro-fémorale. L'hémodynamique est alors caractérisée par deux pompes motrices (le cœur en amont de la zone opérée et la CEC en aval) qui partagent une précharge commune (le réseau veineux cave inférieur). La pression est réglée en premier lieu par les modifications du retour veineux vers le réservoir de la pompe de CEC que contrôle le perfusionniste; la synchronisation entre ce dernier et l'anesthésiste doit être parfaite. Toute vasodilatation artérielle risque de diminuer la pression de perfusion médullaire. Cette dernière est monitorée par soustraction de la P<sub>LCR</sub> (pression du liquide céphalo-rachidien) de la pression moyenne lue en fémorale (P<sub>PA</sub>); si la pression de perfusion médullaire baisse (< 50 mmHg), on peut augmenter le débit de la CEC (P<sub>PA</sub> ↑) et drainer du LCR (P<sub>LCR</sub> ↓); on cherche à maintenir la P<sub>LCR</sub> ≤ 10 mmHg.

Technique:

- Canulation artérielle radiale droite (affichée en rouge et libellée ART) et fémorale droite (affichée en bleu et libellée PA), Swan-Ganz (jaune); le PiCCO n'est pas utilisable lors de clampage aortique.
- Manchette à pression et saturomètre au bras gauche.
- Monitoring ScO<sub>2</sub> (capteurs fronto-temporaux bilat).
- Monitoring des potentiels évoqués moteurs.
- Tube 2-lumières, en principe gauche; si la radio du thorax montre que l'anévrysme déforme la bronche souche gauche (angle excessif, compression), prévoir un tube 2-L droit ou un tube à bloqueur bronchique.
- Mesure de pression et drainage de LCR au moyen d'une cathéter intra-thécal (cathéter de drainage LCR Perifix™ 16 G); le cathéter, posé avant l'induction, est connecté au capteur de pression par un robinet 3-voies maintenu fermé en-dehors des mesures.
- Installation: matelas-bille sur la table d'opération.
- Décubitus latéral droit au niveau du thorax; bassin maintenu oblique par le matelas-bille pour dégager la région fémorale gauche; appuis latéraux.
- Echocardiographie transoesophagienne; la présence d'une sonde est essentielle pour permettre à l'opérateur de repérer l'oesophage; la laisser en position de monitoring transgastrique pendant la phase de dissection.
- Si l'on administre un halogéné pendant la CEC partielle, il est impératif d'en afficher les mêmes concentrations inspiratoires dans la ventilation pulmonaire et dans l'oxygénateur de la CEC; en principe, on maintient 1 MAC d'isoflurane pendant toute l'intervention.

- Pas de péridurale, pas d'injection dans le cathéter intra-durémérien (risque de tamponnade médullaire).

Tableau A21: Caractéristiques de l'anesthésie pour la chirurgie de l'aorte descendante	
Caractéristiques :	Hypertension en amont du clamp Ischémie en aval du clamp 2 pompes artérielles (coeur + CEC) avec une précharge commune
Risques majeurs	Ischémie médullaire Ischémie splanchnique et rénale Acidose, vasoplégie, hémorragie
Priorités	Brièveté de l'ischémie médullaire PAM proximale 70 mmHg CEC: 2 l/min, PAM $\geq$ 70 mmHg PLCR: $\leq$ 10 mmHg $\Delta$ PA: régler le réservoir veineux de CEC
Mesures de protection :	CEC fémoro-fémorale ou bypass du cœur gauche Hypothermie modérée (Tvésicale 32°C) Drainage LCR PAM > 70 mmHg (> 70 mmHg en amont du clamp) PAM $\geq$ 80 mmHg en postopératoire Normoglycémie (mannitol, Mg <sup>2+</sup> , méthylprednisolone)
Anesthésie :	Maintenir PAM radiale à 70-80 mmHg Maintenir pression dans CEC à 70 mmHg Anesthésie: isoflurane/sevoflurane ou propofol, fentanyl Tube 2-lumières Pas de péridurale
Monitorage :	Artère fémorale droite + radiale droite Cathéter pulmonaire de Swan-Ganz ETO Cathéter 16G pour drainage intrathécal
Risques postopératoires :	Séquelles neurologiques: paraplégie Insuffisance rénale, nécrose digestive Insuffisance VG Hémorragie sur troubles de la crase Vasoplégie prolongée

Dès le clampage de l'aorte descendante (héparine 100 U/kg pour ACT 250 sec), la situation hémodynamique est particulière.

- En amont du clampage: baisse de précharge dans l'OD, augmentation massive de la postcharge du VG et risque de dilatation du VG : maintenir PAM 70 mmHg.
- En aval du clampage: baisse de pression et de débit de perfusion (maintenir  $\geq$  70 mmHg et/ou  $\geq$  2 L/min par CEC); risque ischémique potentiel pour la moelle, les reins et les viscères abdominaux; la zone ischémisée est en état de vasodilatation anoxique (flux sanguin pression-dépendant).
- En cas de poussée hypertensive:
  - Stocker du volume dans le réservoir de CEC, baisser le débit de CEC.
  - Nitroglycérine si ischémie myocardique.
  - Prélever 1 - 2 poches de sang autologue par l'introducteur de Swan.
- En cas d'hypotension:

- Transfuser à partir du réservoir de CEC.
- Perfusion et/ou transfusion selon besoins conjoints.
- Vasoconstricteurs seulement en cas d'échec ou de réservoir vide.
- En cas de baisse de la pression de perfusion médullaire (PPC < 50 mmHg ou PLCR > 12 mmHg):
  - Augmenter la pression dans la CEC (volume, débit).
  - Soustraire du LCR par le cathéter (par aliquots de 10-15 ml) jusqu'à une P<sub>LCR</sub> 10 mmHg.
  - Eviter l'hypertension artérielle et veineuse au-dessus du clamp (sécrétion/réabsorption du LCR au niveau céphalique).
- Au déclampage:
  - Hémorragie (sang, PFC, fibrinogène, facteur de coagulation, plaquettes selon ROTEM™).
  - Acidose lactique.
  - Relargage de substances vaso-actives: vasodilatation systémique et vasoconstriction pulmonaire, baisse de contractilité myocardique.
  - Monitoring de la diurèse (ischémie rénale); mannitol, furosémide si néc.
- Nitroprussiate seulement si: souffrance aiguë du VG (dilatation) non contrôlable par les catécholamines et hypertension conjointe sur la ligne de CEC; tout vasodilatateur baisse la pression de perfusion médullaire et augmente dramatiquement les risques de paraplégie.
- Maintenir la PAM ≥ 80 mmHg pour assurer la meilleure perfusion médullaire possible.
- Risques postopératoires: paraplégie, insuffisance rénale, SDRA, insuffisance VG, ischémie digestive.
- Contrôle de la motricité des membres inférieurs et de la diurèse le plus rapidement possible.

### **Aorte abdominale**

Un cathéter artériel au membre supérieur et une voie veineuse centrale sont nécessaires pour toute chirurgie qui comporte un clampage de l'aorte abdominale. S'il n'y a pas de contre-indications, une péridurale (D8-D12) est mise en place avant l'induction; pour éviter de perturber l'hémodynamique lors du clampage et du déclampage de l'aorte, elle n'est mise en route (bupivacaïne 0.5%) qu'à la fermeture du péritoine postérieur; le bloc est ainsi efficace au moment du réveil du patient. Le maintien de l'anesthésie est assuré par un halogéné (avantage du préconditionnement comme protection contre l'ischémie du cœur et des reins). L'isoflurane a un effet vasodilatateur artériel marqué, alors que le sevoflurane modifie moins les résistances artérielles systémiques. Le propofol n'a pas d'effet protecteur contre l'ischémie et baisse la précharge, mais il est adéquat dans le contexte.

On administre 100 UI/kg d'héparine avant le clampage; pendant celui-ci, contrôle de l'efficacité par un ACT toutes les demi-heures (maintenir > 250 sec). Le clampage de l'aorte a plusieurs effets hémodynamiques.

- Augmentation de la postcharge du VG; elle dépend du niveau de clampage et du débit préalable; elle est importante lors d'anévrisme (débit aortique normal) mais faible lors de sténose (bas débit aortique).
- Baisse du retour veineux par stockage de sang dans la partie inférieure du corps qui n'est plus vascularisée; la précharge cardiaque est basse.
- Accumulation de métabolites et de valences acides dans la zone ischémisée; elle est proportionnelle au niveau du clampage; un clampage au dessus du tronc coeliaque n'est pas toléré plus de 30 minutes.
- Souffrance ischémique des organes non perfusés (selon le niveau de clampage: membres inférieurs, bassin, reins, viscères abdominaux, foie, moelle).

Pendant le clampage, la pression artérielle doit être maintenue assez haute (PAM 80-100 mmHg) pour assurer le maximum de débit distalement au clamp, dans la mesure où le VG peut le tolérer (phényléphrine, noradrénaline). Isoflurane, phentolamine en bolus et nitroprussiate en perfusion sont les moyens habituels de régler l'hypertension. En cas de modifications du segment ST, la nitroglycérine en perfusion est indiquée, en veillant à ce que la précharge et la PAM restent adéquates. La quantité de liquides perfusés (cristalloïdes + colloïdes) est importante: baisse de précharge pendant le clampage, longue laparotomie (accumulation liquidienne, iléus), pertes sanguines. Au moment du déclampage de l'aorte, l'hypotension est fréquente.

- Maintenir un bon remplissage vasculaire: colloïde, Ringer-lactate, sang prêt.
- Pertes sanguines par anastomoses: perfusions + transfusions.
- Altérations de la coagulation: thromboélastogramme.

- Vasodilatation systémique (et vasoconstriction pulmonaire) par mise en circulation de produits de dégradation tissulaire: maintenir les RAS (phényléphrine, perfusion de nor-adrénaline), baisser les RAP (hyperventilation, alcalose).
- Arrivée massive de valences acides: hyperventilation, si nécessaire bicarbonate de Na (gazométries rapprochées).
- Perturbations métaboliques: acidose, hyperkaliémie, hypocalcémie, hypoglycémie.

Un clampage juxta- ou supra-rénal entraîne une ischémie rénale. Les seules mesures de protection rénale qui soient efficaces sont le maintien de la meilleure perfusion possible.

- Volémie adéquate : maintenir le remplissage vasculaire (cristalloïdes et/ou colloïdes).
- Débit cardiaque normal : stimulation inotrope si nécessaire (dopamine, dobutamine).
- DO<sub>2</sub> normal : maintenir le transport d'O<sub>2</sub> (Hb ≥ 90 g/L) (transfusion, CellSaver™).
- Pression de perfusion : PAM ≥ 80 mmHg (perfusion de nor-adrénaline).
- Suppression des agents néphrotoxiques (aminoglycosides, produits de contraste) et des substances qui interfèrent avec la régulation du flux plasmatique rénal (aprotinine, IEC, AINS).
- La dopamine, le mannitol et les diurétiques sont sans effet protecteur autre que l'augmentation momentanée de la diurèse.
- Un diurétique (furosémide 10-20 mg) est nécessaire pour contrôler la reprise fonctionnelle immédiate des reins en cas de chirurgie réno-vasculaire ou de clampage sus-rénal.

### Endoprothèse aortique

Cette technique consiste à introduire une prothèse endovasculaire dans l'aorte thoracique ou abdominale anévrismale par cathétérisation des artères fémorales sans ouverture chirurgicale des cavités. Le taux de conversion en intervention conventionnelle est de < 2% (voir Chapitre 18, Endoprothèses). Elle se pratique sous anesthésie générale, loco-régionale ou locale; elle implique de fréquents contrôles radiologiques (s'assurer d'une bonne protection par tablier couvrant aussi le dos et la thyroïde); la durée de l'intervention est de 1 à 3 heures (> 5 heures pour les prothèses complexes). Pour l'anesthésiste, les caractéristiques de l'intervention sont:

- Une ou deux incisions inguinales pour canulation fémorale à ciel ouvert; les pertes de sang autour des canules peuvent être importantes et nécessiter des transfusions. Canulation axillaire supplémentaire en cas de prothèse complexe.
- Eventuelle canulation de l'artère sous-clavière gauche pour introduction de la sonde d'échographie intravasculaire.
- Abaissement du débit aortique pendant une courte période au moment de l'ancrage de la prothèse; les nouvelles prothèses ne nécessitent plus de ballon, mais la pression doit rester basse pendant leur déploiement.
- Réveil en fin d'intervention et transfert aux soins continus.

La technique d'anesthésie recommandée est adaptée à une intervention de durée moyenne peu stimulante:

- Equipement: 2 voies veineuses périphériques dont une de gros calibre, artère radiale; Cell-saver™ prêt; voie centrale pour les endoprothèses thoraciques seulement.
- Canulation artérielle radiale, manchette à pression et saturo-mètre au bras opposé; pour les endoprothèses de l'aorte thoracique, la canulation radiale est obligatoirement à droite.
- AG avec intubation: Fentanyl ou rémifentanyl - Norcuron - isoflurane ou propofol selon l'hémodynamique.
- Champage en fonction d'un possible passage en laparotomie ou thoracotomie.
- Emballage et réchauffement du malade pour éviter la déperdition thermique; réchauffement de la salle d'opération (22°C) et des perfusions.
- Mandokéf (1 gm) à la prémédication, ou avant l'induction.
- Echocardiographie transoesophagienne nécessaire pour les endoprothèses thoraciques.

Avant le clampage aortique, on administre 100 UI/kg d'héparine i.v. Un ACT de contrôle est effectué toutes les demi-heures et l'héparine ajoutée en fonction des besoins (maintenir > 250 sec). Pour diminuer le flux sanguin dans

l'aorte au moment du clampage endoluminal et éviter que le ballon ou la prothèse ne soit poussé distalement par les systoles, on dispose de plusieurs moyens.

- Baisse des RVS: Régitine<sup>®</sup>, 1 mg en bolus iv, à répéter selon besoins.
- Baisse du débit cardiaque: esmolol, 10 mg iv en bolus, à répéter selon besoins.
- Isoflurane 5% et PEEP momentanée à 15-20 cm H<sub>2</sub>O.
- Adénosine (Arteriotonin<sup>®</sup>) 6-12 mg en bolus iv rapide; la dose maximale est 20 mg; contre-indications: bloc AV, maladie du sinus, allergie, asthme.
- Lors d'endoprothèse de l'aorte thoracique: pacing rapide (180-220 batt/min) par sonde endoveineuse introduite dans le VD.
- Par cathétérisation veineuse fémorale, placement d'un ballon de Fogarty dans l'oreillette droite; il est gonflé pour diminuer le retour veineux de manière aiguë; cette méthode est une bonne alternative pour diminuer le débit lors des prothèses aortiques proximales.

Dès que la prothèse est en place, il est capital de maintenir une PAM  $\geq$  80 mmHg pour maximaliser le flux collatéral vers la moelle et diminuer le risque de paraplégie. Les pertes hémorragiques peuvent être importantes autour des canulations. Avec le perfectionnement de la technique et le raccourcissement progressif de la durée d'intervention, on peut procéder en anesthésie locale et sédation-analgésie dans un souci de simplification. Le confort du malade, qui doit rester immobile, est difficile à assurer si l'intervention se prolonge, et la douleur ischémique de la (des) jambes(s) dont la fémorale est clampée domine le tableau. La péridurale est une alternative possible, mais elle réclame aussi une bonne collaboration du malade; elle n'est pas nécessaire dans le postopératoire, qui est très peu douloureux. Les prothèses avec embranchements pour les branches de l'aorte sont très complexes, demandent plusieurs sites de canulation et leur pose peut être longue; l'anesthésie générale est préférable dans ce contexte.

## Transplantation cardiaque

La partie pré-CEC de l'intervention concerne un patient dont la performance cardiaque est effondrée, mais dont le coeur, condamné, ne doit plus fonctionner qu'une heure ou deux; la partie post-CEC est dominée par les séquelles de l'ischémie du greffon et par l'inadéquation potentielle entre celui-ci et l'organisme dans lequel il est amené à fonctionner: dimensions, résistances pulmonaires, compatibilité immunologique, etc. L'immunosuppression commande une asepsie et une hygiène hospitalière rigoureuses: limitation des allées-venues en salle, pas de passage d'une opération contaminée à la salle de greffe, etc. La durée de l'ischémie tolérable par le greffon est de 4 à 5 heures, ce qui implique d'être prêt suffisamment tôt pour que la cardiectomie du receveur puisse commencer dès l'arrivée du greffon. Tout doit être organisé pour limiter au maximum le temps d'ischémie du greffon (voir Chapitre 17 Transplantation cardiaque). L'intervention a lieu dans une salle préparée et désinfectée préalablement.

Equipement, installation et induction

- Patient installé et techniqué en salle d'opération assez tôt (2 heures) avant l'induction prévue pour pouvoir l'équiper correctement et sans hâte. Il est préférable de faire attendre le malade sur la table d'opération plutôt que de prolonger l'ischémie du greffon à cause d'un retard dans la préparation.
- Asepsie chirurgicale pour toutes les ponctions vasculaires; anesthésiste ganté et masqué pour pose des voies veineuses périphériques et de l'artère, de préférence radiale.
- Perfusion d'Augmentin, 2.2 gm; si allergie: Vancomycine 1 g.
- Sédation: midazolam 1-2 mg iv.
- Tous les médicaments sont injectés par la même voie veineuse périphériques qui est retirée dans les premières heures postopératoires.
- Pose d'une voie centrale 3-lumières (avec blouse stérile) jugulaire interne ou sous-clavière avant l'induction, selon le temps à disposition et la tolérance du malade.
- Pose supplémentaire d'un introducteur et mise en place d'une Swan-Ganz, qui est laissée à 15 cm et qui sera positionnée dès la remise en charge du greffon.
- Si intervention cardiaque précédente: pose de patches de défibrillateur.
- Avant l'induction, s'assurer une dernière fois de la compatibilité ABO entre donneur et receveur.

- Induction dès que le chirurgien préleveur annonce que le cœur du donneur est satisfaisant.
- Anesthésie type "cas lourds": etomidate, fentanyl/sufentanil, sevoflurane en appoint; midazolam pendant la CEC.
- Suxaméthonium ou Norcuron/Esméron (double dose en séquence inversée si "estomac plein").
- Catécholamines selon besoins.
- Idéalement, le receveur est déjà en CEC et son cœur en voie d'explantation lorsque le greffon arrive en salle d'opération.

#### Receveur sous assistance ventriculaire

- Dissection rendue difficile par les interventions précédentes et par la présence des canules.
- Anticoagulation en cours (héparine ou anti-vitamine K).
- Turbine (HeartMate™, HeartWare™): flux dépulsé. Le pulsoxymètre est inapproprié; utiliser la saturométrie cérébrale (*INVO*S). Ajuster le débit et les RAS pour une PAM adéquate.
- ECMO: débit de pompe 60 mL/kg/min = débit cardiaque 2.4 L/min/m<sup>2</sup>, ventilation réduite; anesthésie intraveineuse (échanges gazeux pulmonaires insuffisants pour un halogéné). Normoventilation: rapport débit de gaz frais (ECMO) : débit de pompe 1:1. Surveillance du VG à l'ETO.
- ETO: contrôle de la volémie, de la fonction du VD, de l'adéquation de la vidange du VG, septum interventriculaire en position neutre.

#### Pendant la CEC

- Anesthésie: sevoflurane, midazolam 5-15 mg, ou perfusion de propofol.
- Avant le déclampage aortique, perfusion de 500 mg Solumédrol® dans la CEC.
- Prêts à disposition pour la sortie de pompe: dobutamine, milrinone, adrénaline, noradrénaline, NO, prostaglandine.
- Thymoglobuline: 1.0 mg/kg; substance sèche à diluer dans 500 ml NaCl 0.9%; après le déclampage; administrer sur 4 heures par voie centrale (risque de vasoplégie).
- Dès que possible, hyperventilation pulmonaire pour PaCO<sub>2</sub> = 30 mmHg (baisse des RAP).
- Si bradycardie ou bloc AV: électro-entraînement par pace-maker épicaudique, isoprénaline (Isuprel®), bolus répétés (10 mcg) ou perfusion (0.01-0.1 mcg/kg/min).

#### Post-CEC

L'éventuelle insuffisance myocardique due à la période d'ischémie demande un soutien inotrope adéquat (dobutamine, isoprénaline, milrinone, adrénaline), une pression de perfusion coronarienne suffisante (noradrénaline), et une assistance par la machine de CEC, une contre-pulsion intra-aortique ou une ECMO. Le risque de défaillance du VD est le danger principal en raison des résistances pulmonaires en général plus hautes que celles du donneur; les substances utilisées ne doivent en aucun cas provoquer d'HTAP (pas de dopamine ni de desflurane). La prise en charge doit à la fois abaisser les résistances artérielles pulmonaires et apporter un soutien inotrope au VD (voir Tableaux A11 et A12).

- Hyperventilation: PaCO<sub>2</sub> environ 30 mmHg, alcalose respiratoire, pH > 7.5 au besoin par administration de bicarbonate de Na.
- NO: 20-40 ppm.
- Epoprosténoïl (Flolan®): 2-5 ng/kg/min en perfusion.
- Milrinone (Corotrop®) en perfusion (0.5 mcg/kg/min) + adrénaline.
- Nor-adrénaline (0.1-0.5 mcg/kg/min).
- Eventuellement levosimendan (0.1-0.2 mcg/kg/min), débuté pendant la CEC.
- En cas de vasoplégie: noradrénaline, vasopressine.
- Si la situation est stable: dobutamine et nor-adrénaline, dosages selon besoin hémodynamique.
- Sevrage de CEC très progressif par paliers.
- Maintenir la précharge droite dans les valeurs normales (PVC 10 mmHg), mais la diminuer en cas d'insuffisance congestive du VD (contre-Trendelenburg, veinodilatation).

- Maintenir la pression systémique (noradrénaline, vasopressine), au besoin avec une contre-pulsion intra-aortique, pour assurer une position médiane du septum interventriculaire (ETO) et une perfusion coronaire adéquate.
- Non-fermeture du péricarde et du sternum.
- ECMO, assistance ventriculaire.

Le coeur transplanté est dénervé; maintenir une fréquence de base entre 90 et 110 batt/min. Le greffon est très sensible à l'hyperkaliémie et présente un risque élevé d'arythmies. Transfusion de sang selon besoin avec du sang déleucocyté et irradié. Fibrinogène, facteurs de coagulation, plaquettes selon le thromboélastogramme et le test d'agrégabilité plaquettaire. Cinq heures post-induction, administrer 1.2 g Augmentin.

### Donneur

La mort cérébrale entraîne une série de conséquences hémodynamiques : vasoplégie, hypothermie, arythmies réfractaires, SIRS, hyposécrétion hormonale, éventuelle tempête sympathique. Une prise en charge intensive du donneur est d'une extrême importance car elle conditionne la qualité des greffons (la survie des receveurs en dépend).

- Monitoring invasif: cathéter artériel, PiCCO, Swan-Ganz.
- Examen ETO.
- Normoventilation avec  $FiO_2$  et PEEP pour une optimalisation des échanges gazeux.
- Si prélèvement pulmonaire: PEEP < 10 cm H<sub>2</sub>O et volémie basse (PAPO < 12 mmHg).
- Curarisation en cas de persistance de réflexes médullaires.
- Sevoflurane 0.5-1.0 MAC: bénéfique du préconditionnement.
- Catécholamines pour le maintien du débit et de la pression de perfusion des organes (PAM  $\geq$  70 mmHg): dobutamine, nor-adrénaline selon besoins.
- Maintien de la normovolémie et de l'Hb  $\geq$  100 g/L (Ringer-lactate, colloïde, transfusions).
- Correction de la crase; viser IR < 2.0, fibrinogène > 1.5 g/L, thrombos > 80'000 /ml.
- Correction du pH et du débit urinaire ( $\geq$  1 ml/kg/h) (bicarbonate, mannitol, furosémide).
- Eviter l'hyperglycémie: perfusion d'insuline pour glycémie < 10 mmol/L.
- Réanimation hormonale (si amines insuffisantes et FE < 0.5): méthylprednisolone 15 mg/kg (hypocorticisme, mauvais échanges gazeux), vasopressine 1-4 U/h (diabète insipide et hypernatrémie), T<sub>3</sub> 3 mcg/h ou T<sub>4</sub> 10 mcg/h (insuffisance thyroïdienne).
- Maintien de la normothermie.

Lors de greffes multiples, l'ordre des prélèvements est: coeur, poumons, foie, pancréas, reins. La ventilation n'est arrêtée qu'après le clampage aortique, qui correspond au début du temps d'ischémie pour les organes. Les stratégies de remplissage liquidien peuvent être contradictoires en cas de prélèvements simultanés de reins (hypervolémie souhaitée) et de poumons (restriction hydrique recherchée). L'ischémie du greffon compte à partir du clampage de l'aorte du donneur jusqu'au déclampage de celle du receveur ; la durée optimale est de < 4 heures ; elle est tolérable jusqu'à 6 heures (risque de dysfonction post-CEC).

### Patients Témoins de Jéhovah

La faculté de consentir à un acte médical ou de le refuser fait partie des droits personnels du patient; ce droit à l'autonomie prévaut sur la préservation de sa propre vie pour les situations où l'individu est capable de discernement et correctement informé. Le patient doit être mis au courant des risques graves qu'il encourt du fait de son refus de transfusion, et doit confirmer sa décision par écrit (formulaires à discuter et faire signer lors de la prémédication). A l'exception de la transplantation, de la chirurgie aortique et de la chirurgie pédiatrique, ainsi que des malades sous bithérapie antiplaquettaire, la plupart des interventions de chirurgie cardiaque sont réalisables en respectant le refus de transfusion des Témoins de Jéhovah. Ce refus s'étend aux transfusions allogéniques, à la prédonation de sang autologue, et aux dérivés sanguins tels l'albumine, le PFC, les plaquettes et les protéines humaines. La continuité de la circulation devant être conservée, la circulation extra-corporelle, la récupération sanguine et l'hémodilution aiguë

sont tolérées pour autant qu'il n'y ait pas d'interruption du circuit (poches connectées au patient). L'administration de facteurs de coagulation isolés est laissée au libre arbitre du patient (à demander lors de la prémédication).

Techniques d'épargne sanguine recommandées:

- EPO préopératoire: Eprex® 150-300 U/kg iv 2 fois par semaine pendant les 3 semaines préopératoires.
- Fer: Ferrogradumet®, 1-2 cp/j pendant 3 semaines.
- Arrêt de l'aspirine 5 jours préopératoire.
- Hémodilution aiguë: prise de 1-2 poches dès l'induction; la poche doit rester connectée au patient par la voie de prélèvement; une tubulure remplie de NaCl 0.9% est branchée à la poche et connectée en permanence au malade (voie d'administration); la poche est l'équivalent d'une dérivation externe continue du sang.
- Récupération sanguine (Cell-saver™): même précaution que ci-dessus.
- Hémofiltration sur le circuit de CEC; récupération et lavage/concentration du liquide de CEC par le circuit de récupération sanguine (perte des plaquettes et des facteurs de coagulation).
- Hémostase rigoureuse.
- Normothermie.

Ces considérations ne concernent que les cas adultes ou électifs.

Substance	Induction standard	Risque élevé	Délai	Durée	Perfusion
Etomidate	0.3 mg/kg	0.2-0.3 mg/kg	< 1	5	
Propofol	2-2.5 mg/kg	1 mg/kg	< 1	5-10	3-5 mg/kg/h
Midazolam	0.1-0.3 mg/kg	< 0.1 mg/kg	3	30	2-5 mg/h
Fentanyl	5-10 mcg/kg	10 mcg/kg	4-6	30-60	
Sufentanil	1-2 mcg/kg	0.2-0.5 mcg/kg	2-6	40-60	0.01 mcg/kg/min
Alfentanil	25-50 mcg/kg	25 mcg/kg	1.5	5-10	3 mcg/kg/° préCEC 1 mcg/kg/° postCEC
Remifentanil	1 mcg/kg	0.2-0.5 mcg/kg	1	5-10	0.2-0.5 mcg/kg/min
Pancuronium	0.1 mg/kg		5	80-120	
Vécuronium	0.1-0.2 mg/kg		4	30-60	
Cisatracurium	0.15-0.2 mg/kg		2-3	30-60	
Atracurium	0.5 mg/kg		2-3	30-45	
Mivacurium	0.2 mg/kg		2-3	15-20	
Rocuronium	0.6-1.2 mg/kg		2	30-60	

Induction standard: cas à risque faible, hémodynamiquement stable. Risque élevé: instabilité hémodynamique, dysfonction ventriculaire, valvulopathie sévère, risque ischémique. Délai: délai entre l'injection intraveineuse et le pic d'activité en minutes. Durée: durée d'activité clinique moyenne en minutes.



Tableau A23: Dosages et administration des principaux médicaments cardiovasculaires

Substance	Dose initiale	Perfusion	Remarque
Acétylcystéine		10 mg / kg/h	max: 5 g/24 h
Adénosine	10 mg		max. 20 mg
Adrénaline	0.05 - 1 mg	0.03 - 0.5 mcg/kg/min	
Amiodarone	50 mg;	10 mg/kg/24h	
Amrinone	1.5 - 2.0 mg/kg/15 min	5 - 30 mcg/kg/min	tβ1/2: 3.5 h
Brétylium	5 mg/kg	1 - 2 mg/kg/min	
Clevidipine	1-2 mg/heure pdt 15 min	jusqu'à 32 mg/heure (maximum)	
Clonidine	15 - 30 mcg	300-600 mcg/24 h	
Dexmédétomidine	0.5-1.0 mcg/kg en 10 min	0.2-1.0 mcg/kg/h	
Diltiazem	0.1 mg/kg	0.1 - 0.3 mg/kg/heure	
Dobutamine		1 - 10 mcg/kg/min	
Dopamine		1-5 mcg/kg/min	effet α si doses sup
Dopexamine		3-5 mcg/kg/min	
Enoximone	0.5 - 1.0 mg / kg	5 - 10 mcg/kg/min	
Epoprosténol	2 ng/kg/min	2-20 ng/kg/min	
Esmolol	0.5 mg/kg	0.05 - 0.3 mg/kg/min	
Glucose-Insuline		20 - 50 mL/heure	glycémies
KCl		50 mL/heure	contrôle K
Iloprost	2.5-5.0 mcg/dose en inhalation	10-20 mcg en 20 min	
Isoprénaline	10 - 20 mcg	0.01 - 0.1 mcg/kg/min	
Isosorbide		3 - 12 mg/heure	
Isradipine	0.6 mcg/kg/min	0.15 mcg/kg/min	
Levosimendan	6 mcg/kg (si PAM normale)	0.1-0.2 mcg/kg/min	délai d'action 4 h
Magnésium	1.25 g	2 g/24 heures	
Méthylprednisolone	30 mg / kg	125 mg/kg h	
Milrinone	50 mcg/kg	0.4-0.75 mcg/kg/min, 1-2 mg/h	
Neseritide	2 mcg/kg	0.01-0.03 mcg/kg/min	
Nicardipine	0.5 mg/min	1-15 mg/heure	
Nifédipine		0.5 - 2.0 mg/heure (15 mcg/kg/h)	
Nitroglycérine	20 mcg	10 - 100 mcg/min	
Nitroprussiate		1 - 10 mcg/kg/min	
Nor-adrénaline		0.03 - 0.5 mcg/kg/min	
Phentolamine	1 mg	5-50 mg/h	tachycardie
Phényléphrine	1 mcg/kg		
Phénytoïne		15 mg/kg en 1 heure	
Procaïnamide	100 mg	2 mg/kg/h	
Salbutamol	4 mcg / kg	4 - 20 mcg/min	
Prostaglandine E1		0.1 mcg/kg/min	
Sildénafil	0.25-0.75 mg/kg aux 4-6 heures		
Treprostnil	1.25-2.5 ng/kg sous-cutané	1.25 ng/kg/min en perf iv	
Thyroxine		0.03-0.5 mcg/kg/min	
Vasopressine	Diab. insipide: 1-4 mcg	thrombopathie: 0.3 mcg/kg en 20 min choc distributif (Pitressin): 1 - 5 U/h	
Vérapamil	2.5 mg		
Xylocaïne	1 mg/kg	2-4 g/24 h	