

Le congrès
Conférence d'Actualisation
© 2017, Sfar, Paris

Nouveautés pour l'Anesthésie-Réanimation en chirurgie cardiaque

Osama Abou Arab^{a,b}, Stéphane Bar^{a,b}, Pierre-Grégoire Guinot^{a,b}, Marc-Olivier Fischer^c,
Ammar Ben Ammar^a, Beatris Labont^a, Abdel Hchikat^a, Emmanuel Lorne^{a,b,*}

^a *Département d'Anesthésie et Réanimation, CHU d'Amiens, avenue René Laennec, 80054 Amiens, France*

^b *Inserm U1088, Jules Vernes University of Picardy, 3 chemin du Thil, F-80 000 Amiens, France*

^c *Pôle Réanimations Anesthésie Samu/Smur, CHU de Caen, Avenue de la Côte de Nacre, CS 30001, F-14 000 Caen, France*

***Auteur correspondant** : lorne.emmanuel@chu-amiens.fr

Aucun auteur ne présente de conflit d'intérêts avec ce travail.

Points essentiels

- L'optimisation hémodynamique ciblée sur des objectifs ou « goal directed therapy » permet de réduire les complications postopératoires.
- La ventilation mécanique doit être protectrice.
- Les procédures hybrides et mini-invasives en chirurgie cardiaque sont en train d'émerger avec de bons résultats. Ces procédures vont vers une simplification des prises en charge.
- Le concept de Heart Team avec un rôle privilégié de l'anesthésiste-réanimateur en chirurgie cardiaque doit être développé en lien avec les cardiologues, perfusionnistes, et chirurgiens.

Introduction

Ces dernières années, de nombreuses études ont modifié nos pratiques en Anesthésie Réanimation de chirurgie cardiaque. En effet au cours de ces dernières années le profil des patients opérés a changé avec le vieillissement de la population et l'évolution des nouvelles techniques opératoires mini-invasives. Cette conférence d'actualisation n'a pas pour vocation à être exhaustive, mais a pour but de reprendre les points essentiels qui ont évolué ces 5 dernières années pour la prise en charge anesthésique et réanimatoire des patients de chirurgie cardiaque.

1. Évolution des pratiques, des techniques et des outils en anesthésie-réanimation pour chirurgie cardiaque.

a. Quels niveaux de pression artérielle en chirurgie cardiaque en 2017 ?

De nos jours, il n'existe toujours pas de consensus clair au sujet des valeurs de pression artérielle cibles en per opératoire de chirurgie cardiaque. Le plus souvent, celles-ci sont ciblées en fonction des habitudes locales. Pourtant plusieurs études ont montré une diminution de la mortalité, de la survenue d'évènements neurologiques et cardiaques avec des seuils relativement hauts (supérieurs à 80 mmHg) par rapport à des seuils bas (supérieurs à 60 mm Hg)¹. Il en est de même pour la fonction rénale, qui est mieux conservée si la PAM est supérieure à 80 mm Hg. L'autorégulation cérébrale permet de maintenir l'apport d'O₂ sur une vaste plage de PAM allant de 50 à 150 mmHg. La spectroscopie infrarouge (NIRS, *Near-infrared spectroscopy*) permettant la mesure locale de la saturation de l'hémoglobine cérébrale en oxygène (ScO₂) est un moyen efficace de mettre en évidence la PAM minimale tolérable chez un patient ; elle correspond au moment où la consommation cérébrale d'O₂ devient dépendante de la pression artérielle. Un enregistrement simultané de la ScO₂ et de la pression artérielle permet de définir la zone d'autorégulation comme la plage de valeurs artérielles dans laquelle la PA et la ScO₂ ne sont pas corrélées ; dès qu'elles varient simultanément, le malade se situe au-dessus (hypertension) ou au-dessous (hypotension) de cette zone. Une diminution de la ScO₂ entraîne un risque accru de déclin cognitif post opératoire, de délires, une augmentation de la durée de séjour en réanimation et à l'hôpital et une augmentation des dysfonctions d'organes majeurs^{2,3}. Il a été prouvé, dans une étude randomisée et multicentrique, la faisabilité de l'utilisation d'un algorithme qui portait sur le maintien de la PAM dans un range de 20 % de la valeur de base et sur la conduite à tenir en cas de diminution de la ScO₂ au cours de la chirurgie cardiaque⁴.

Concernant la conduite thérapeutique durant la CEC, si une hypotension artérielle survient, il est conseillé d'augmenter le débit de pompe par paliers de 20 % ou d'avoir recours aux vasoconstricteurs avec prudence. À l'inverse, si une hypertension artérielle survient, le recours aux vasodilatateurs tels que la nicardipine est le traitement de choix⁵.

b. «Early goal directed therapy» en chirurgie cardiaque en 2017 ?

Le remplissage vasculaire guidé par le monitoring du débit cardiaque, au cours de la chirurgie majeure, a montré un bénéfice en termes de diminution de la morbidité et de la durée d'hospitalisation⁶. Le principal objectif du remplissage vasculaire est d'augmenter le transport en O₂ (DO₂). Mais, l'excès de remplissage peut avoir des effets délétères tel que l'œdème interstitiel et l'hémodilution, ce qui peut altérer la consommation d'oxygène par les tissus⁷. L'objectif du remplissage vasculaire est donc d'optimiser le transport en O₂ tout en évitant la surcharge tissulaire. De plus, l'oxygénation tissulaire dépend à la fois du DO₂ et de la consommation d'oxygène (VO₂). Classiquement, l'oxygénation tissulaire reste constante (« VO₂ indépendance ») jusqu'à ce que soit atteint un DO₂ critique sous lequel la VO₂ devient dépendante du DO₂ (on parle alors de « VO₂ dépendance ») et un métabolisme anaérobie apparaît. Chez des patients de chirurgie cardiaque, Fischer et al.⁸ ont montré récemment que la maximalisation individuelle du remplissage guidé par le VES améliorait le DO₂ et les paramètres microcirculatoires tel que la saturation veineuse centrale en O₂ (ScVO₂).

Depuis de nombreuses années, de nombreux travaux ont institué la notion de « goal-directed therapy» (GDT) dans le cadre de l'optimisation de patients de chirurgie à risque ou lors de la prise en charge de patients en insuffisance circulatoire aiguë en réanimation. Le principe de cette démarche est l'utilisation précoce de différentes thérapeutiques (expansion volumique, transfusion en dérivés sanguins, amines vasopressives, inotropes) afin d'obtenir des objectifs hémodynamiques prédéfinis (pression artérielle, ScvO₂, débit cardiaque...). Dans le passé, cette approche a permis d'améliorer très sensiblement la survie des patients opérés d'une chirurgie cardiaque⁹.

L'analyse des dernières données de la littérature ne retrouvait pas de différences significatives entre un groupe de patients guidé par la GDT et un groupe conventionnel en termes de mortalité toutes causes confondues, de durée de ventilation mécanique et de durée d'hospitalisation en réanimation. L'unique différence concernait la durée d'hospitalisation qui était significativement plus basse au sein du groupe GDT¹⁰. Une diminution du taux d'AKI (*Acute Kidney Injury*) chez les patients opérés de chirurgie coronarienne à cœur battant a été

retrouvée quand l'optimisation hémodynamique était guidée par GDT¹¹. La quantité de solutés administrés était toujours significativement plus élevée dans les groupes guidés par GDT^{9,12}.

Kapoor et al.¹¹ retrouvaient une diminution plus précoce du lactate, du BNP et du NGAL en postopératoire de chirurgie cardiaque chez des patients guidés par la GDT.

La GDT présente donc un bénéfice limité en termes de réduction de mortalité en chirurgie cardiaque. Cependant, la diminution de la durée d'hospitalisation et de certaines complications permet de suggérer qu'un protocole de prise en charge hémodynamique peut améliorer la réhabilitation postopératoire.

c. choix des solutés

L'amorçage d'un circuit de CEC ou priming est le volume de liquide physiologique nécessaire pour purger le circuit de ce dernier. L'induction d'une CEC induit donc une hémodilution. Selon le circuit de CEC le volume apporté varie de 800 à 1500 ml. Les troubles de la coagulation sont associés à la chirurgie cardiaque et la CEC. Les facteurs de la coagulation sont dilués avec le priming et les autres apports liquidiens. Une consommation des facteurs de coagulation est associée en raison du saignement associé à la chirurgie. Une fibrinolyse aboutit à une baisse de fibrinogène. La membrane d'oxygénation adsorbe le fibrinogène et le facteur von Willebrand. Les solutés peuvent aggraver ces troubles par leur propriété chimique notamment les colloïdes de synthèse comme les HEA. Les HEA ne sont pas contre indiqués en chirurgie cardiaque à condition de respecter la posologie de 33 ml/kg tel que recommandé par l'Agence du médicament depuis 2013 pour éviter toute insuffisance rénale associée. Un risque hypothétique d'hémostase existe par agglutination du facteur Willebrand et du fibrinogène, mais ce risque est moindre avec les nouvelles générations de HEA⁵. Les études cliniques analysant la toxicité rénale ou le risque hémorragique ne montrent pas d'aggravation des HEA en chirurgie cardiaque ni de différence entre les HEA de dernière génération¹³. Une étude clinique comparant les HEA et les gélatines ne trouve pas de différence de saignement¹⁴. L'albumine 4% ou 20% est un colloïde naturel avec un bon pouvoir d'expansion. Ce colloïde reste un produit sanguin labile issu de l'homme avec un risque hypothétique de transmission de prion. Ses propriétés sont parfois utilisées pour rétablir un pouvoir oncotique et lutter contre la fuite capillaire. Une méta-analyse confirme l'avantage de l'albumine en comparaison des cristalloïdes pour lutter contre un bilan hydrosodé positif¹⁵.

Les solutés cristalloïdes ont un pouvoir d'expansion plus faible que les colloïdes. Ainsi les thérapies guidées sur des objectifs hémodynamiques montrent un volume accumulé plus important avec les cristalloïdes et donc un risque d'hémodilution plus important¹⁶. Les cristalloïdes ont l'avantage de créer moins de lésions de microcirculation et de préserver l'homéostasie par leur effet balancé.

En résumé aucun soluté ne présente tous les avantages requis. Il convient de connaître les propriétés de ces solutés et de déterminer celui qui convient le mieux à la situation clinique du patient. Les colloïdes ont un bon pouvoir d'expansion, mais au prix d'éventuelles lésions d'organe et de dilution de facteurs de coagulation. Les cristalloïdes balancés ont un pouvoir d'expansion faible avec un risque d'excès hydrosodé.

d. Gestion de l'hémostase en CEC

La gestion de l'hémostase est primordiale en CEC et des médicaments sont disponibles pour éviter réduire les pertes sanguines. Une recommandation internationale de 2011 précise les médicaments utiles en CEC¹⁷. Pour la chirurgie coronarienne, l'administration de desmopressine est recommandée quand la CEC est prolongée au-delà de 140 minutes ou lorsque le patient a reçu des antiagrégants les 7 jours précédant la chirurgie. En pratique l'utilisation de desmopressine est peu courante en France. En prophylaxie des hémorragies lors des chirurgies à cavités cardiaques ouvertes, seul l'acide tranexamique est systématiquement recommandé pour réduire les pertes sanguines notamment sans dépasser 50-100 mg/kg en raison d'une toxicité neurologique. Des recommandations européennes très récentes apportent des précisions sur la place des médicaments hémostatiques¹⁸. Le fibrinogène n'est pas indiqué de manière prophylactique. En cas d'hémorragie un seuil à 1.5-2 g/dl est un objectif à atteindre. La posologie est de 25 à 50 mg/kg. Le seuil de transfusion plaquettaire est à 50000/mm³. La correction des facteurs d'entretien (triade létale) de l'hémorragie reste valable en chirurgie cardiaque : maintien d'une normothermie, correction d'une acidose, corriger toute hypocalcémie inférieure à 0,9 mmol/l. L'application en topique d'acide tranexamique permet de diminuer le saignement post opératoire. Enfin, bien que non répandue dans tous les centres, les preuves deviennent plus nombreuses pour l'utilisation d'un thromboélastogramme (TEG). Une méta-analyse récente suggère qu'une thérapie guidée par le TEG diminue le risque hémorragique et transfusionnel¹⁹. Il permet un diagnostic rapide du trouble de l'hémostase au lit du malade en cas de saignement et d'adapter le facteur à corriger. Néanmoins l'utilisation du TEG ne dispense pas d'un bilan d'hémostase complet.

e. Transfusions postopératoires

Le seuil d'hémoglobine conduisant à la transfusion n'est pas clairement défini. En effet, il n'y a pas de différence de mortalité entre les patients bénéficiant d'un seuil à 7,5 mg/ml et ceux bénéficiant d'un seuil à 9 g/dl²⁰. Une optimisation du seuil transfusionnel basé sur l'adéquation transport/métabolisme a été suggérée²¹.

f. Agents d'anesthésie

Les agents volatils comme le sévoflurane ont été décrits comme cardio-protecteurs notamment par leurs propriétés de préconditionnement. Les études récentes ne montrent pas d'effets bénéfiques de ces agents comparativement au propofol en termes de mortalité et d'occurrences d'évènements cardiologiques après chirurgie cardiaque^{22,23}.

g. Évolution du monitoring

Les Anesthésistes réanimateurs en chirurgie cardiaque ont délaissé le cathéter de Swan-Ganz au profit de l'échographie transoesophagien qui apporte probablement plus d'information pour la prise en charge des patients²⁴.

h. Gestion des catécholamines périopératoires

L'état de choc vasoplégique en post opératoire de chirurgie cardiaque est un état clinique associé à un défaut de perfusion tissulaire en rapport avec une hypotension artérielle par vasodilatation périphérique et défaut de réponse des cellules musculaires lisses aux substances vasoactives. Une étude observationnelle française multicentrique (EMOA) démontre que la noradrénaline constitue la première catécholamine utilisée en postopératoire de chirurgie cardiaque, cela concerne jusqu'à 40% des patients (*Enquête EMOA : enquête sur le monitoring hémodynamique et l'utilisation des agents inotropes positifs et vasoactifs en chirurgie cardiaque, Abstract SFAR 2016-1832*). À l'avenir, le syndrome vasoplégique pourrait être pris en charge par administration de vasopressine intraveineuse. Une étude randomisée monocentrique brésilienne a évalué la vasopressine et la noradrénaline dans le syndrome vasoplégique en chirurgie cardiaque²⁵. Cette étude suggère que l'administration de vasopressine diminue l'incidence de l'insuffisance rénale aiguë postopératoire

(essentiellement KDIGO 1), de l'arythmie par fibrillation auriculaire, et de la durée de séjour en réanimation et hospitalier. Ces effets seraient liés à la différence pharmacologique de ces deux agents vasopresseurs. La vasopressine, en induisant préférentiellement une vasoconstriction des artérioles glomérulaires efférentes via la stimulation des récepteurs AVPR1 maintient la filtration glomérulaire. Alors que la noradrénaline diminue la filtration glomérulaire par vasoconstriction des artérioles afférentes. Bien que positifs et fortement intéressants ces résultats doivent être confirmés par d'autres études multicentriques. En effet, cette étude présente quelques limites qui peuvent expliquer les résultats : monocentrique, modification du critère principal de jugement en cours d'étude, exposition à la dobutamine plus importante dans le groupe noradrénaline.

Toujours dans le cadre du syndrome vasoplégique, une étude française monocentrique a validé l'intérêt de la mesure de l'élastance artérielle dynamique comme objectif de sevrage de la noradrénaline chez les patients vasoplégiques en post opératoire de chirurgie cardiaque²⁶. Dans ce travail, les patients traités par noradrénaline étaient divisés en deux groupes de traitement ; un habituel basé sur la mesure de la pression artérielle et du débit cardiaque, et un interventionnel basé sur la mesure de l'élastance artérielle dynamique. Les posologies de noradrénaline étaient diminuées lorsque l' Ea_{dyn} était $> 0,94$. Ainsi, l'utilisation d'un algorithme hémodynamique qui intègre l' Ea_{dyn} diminue le temps de traitement par noradrénaline sans altérer les paramètres de perfusion tissulaire ($ScVO_2$, taux de lactate), la diurèse, et sans majoration des apports hydroélectrolytiques. Cette étude confirme l'intérêt de l' Ea_{dyn} comme marqueur du tonus vasculaire pour la gestion des amines vasopressives dans les syndromes vasoplégiques²⁷.

L'utilisation de la dobutamine est en diminution, car elle a été associée à une augmentation de la mortalité après chirurgie cardiaque^{28,29}. Le lévosimendan administré de façon prophylactique n'a pas permis de diminuer la mortalité postopératoire des patients ayant une dysfonction ventriculaire gauche préexistante comparativement à un placebo³⁰. L'utilisation des inhibiteurs phosphodiesterase n'est pas encore très implanté car les résultats sont controversés.

i. Ventilation

Une ventilation protectrice est appliquée largement même si de grandes variations de protocoles sont encore présentes en France³¹. Une étude randomisée brésilienne démontre une diminution des complications respiratoires (évaluées à partir d'un score) après chirurgie cardiaque lorsqu'une ventilation protectrice avec des manœuvres de recrutement utilisant de hauts niveaux de PEP est employée³².

j. Fibrillation auriculaire périopératoire

Environ 30% des patients ont une fibrillation auriculaire dans les suites opératoires d'une chirurgie cardiaque. L'utilisation de bêtabloquant pour diminuer la fréquence cardiaque en dessous de 100 b/min n'a pas été associée à une réduction de la durée d'hospitalisation ou aux complications post opératoires comparativement à la réduction battements de l'arythmie par amiodarone³³. Le sulfate de magnésium ne présente pas d'intérêt thérapeutique pour prévenir ou traiter une FAPO.

2. Principales procédures hybrides et mini-invasives en chirurgie cardiaque et implications en pratique clinique.

L'essor de la chirurgie cardiaque mini invasive est très important. Concernant les remplacements valvulaires, les techniques percutanées sont en plein essor. Les indications sont dépendantes de l'Euroscore II ou du STS score permettant de les classer en risque élevé, intermédiaire et mineur après chirurgie cardiaque. Plusieurs études ont montré une équivalence du TAVI (Trans Aortic Valvular Implantation) sur la population à risque élevé et intermédiaire avec des bons résultats comparativement à la chirurgie^{34,35}. L'étude « EVEREST II » a démontré également un intérêt pour les régurgitations sévères réparées par Mitraclip sur les patients à haut risque chirurgical avec un recul de 2 ans³⁶. Comme l'accès trans apical de ce type de procédure mininvasive est délaissé pour des accès fémoraux, la prise en charge anesthésique de ce type de patient se fait de plus en plus sous sédation associée à un bloc fémoral. En effet, l'anesthésie générale est associée à une durée de séjour plus longue et un plus grand recours aux vasopresseurs pour les TAVI³⁷.

3. Enjeux du Heart Team et rôle privilégié de l'anesthésiste-réanimateur en chirurgie cardiaque

Une approche multidisciplinaire est de plus en plus souvent proposée pour prendre en charge au travers d'un « Heart Team » une revascularisation complexe, un remplacement valvulaire, une endocardite infectieuse ou une dysfonction cardiaque sévère.

Historiquement, les premières Heart Team sont nées pour une concertation sur la maladie coronarienne entre pontage ou angioplastie percutanés. En effet les indications de revascularisations sont de plus en plus complexes. Une étude montre que 14% des revascularisations sont inappropriées par une sur ou une sous revascularisation voire une même une non-revascularisation. Le ratio angioplastie/pontage coronarien diffère également selon la zone géographique. La constitution de Heart Team permet sur des lésions complexes de proposer la stratégie adéquate. Les tests de viabilité myocardique par IRM myocardique ou les tests fonctionnels comme la FFR changent considérablement l'orientation thérapeutique³⁸. Grâce à des scores lésionnels comme le SYNTAX score les patients peuvent être traités soit un pontage chirurgical (score Syntax intermédiaire élevé) soit un traitement endovasculaire (score Syntax faible)^{39,40}.

L'HAS rend obligatoire la création de Heart Team pour les TAVI pour évaluer le risque chirurgical du patient et proposer la thérapeutique adaptée. Cette Heart Team doit comprendre un cardiologue non interventionnel, un cardiologue interventionnel, un chirurgien cardiaque et un médecin anesthésiste. Ces recommandations de l'HAS font suite à un arrêté du 3 juillet 2012 avec une prolongation récente jusqu'au 31 décembre 2017 limitant la pratique de l'acte de pose de bioprothèses valvulaires aortiques par voie artérielle transcutanée ou par voie transapicale à certains établissements de santé en application des dispositions de l'article L. 1151-1 du code de la santé publique [Arrêté du 3 juillet 2012 limitant la pratique de l'acte de pose de bioprothèses valvulaires aortiques par voie artérielle transcutanée ou par voie transapicale à certains établissements de santé en application des dispositions de l'article L. 1151-1 du code de la santé publique] [Arrêté du 5 février 2016 relatif à la prolongation de la validité des critères fixés par l'arrêté du 3 juillet 2012].

Des recommandations de 2014 recommandent de la même manière une « Endocarditis Team » comprenant des médecins infectiologue, cardiologue, chirurgien cardiaque, anesthésiste-réanimateur⁴¹. Cette approche en travail de groupe a permis une baisse de la mortalité passant de 18,5 % à 8,2 % dans ces centres spécialisés.

Les seuls textes législatifs réglementaires concernant les Heart Team ne s'appliquent à l'heure actuelle qu'aux TAVI.

Conclusion

La chirurgie cardiaque a considérablement évolué au cours de la dernière décennie. Les procédures sont de plus en plus simples et mini-invasives. La prise en charge hémodynamique se fait avec de nouveaux outils tels que l'échographie transoesophagien. Des objectifs thérapeutiques doivent être assignés pour réduire les complications peropératoires et les durées de séjours. Le heart team est obligatoire pour les TAVI et pourrait avoir une utilité en chirurgie cardiaque conventionnelle.

Références

1. Siepe M, Pfeiffer T, Gieringer A, et al. Increased systemic perfusion pressure during cardiopulmonary bypass is associated with less early postoperative cognitive dysfunction and delirium. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;40:200-7.
2. Heringlake M, Garbers C, Kabler JH, et al. Preoperative cerebral oxygen saturation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Anesthesiology* 2011;114:58-69.
3. Vohra HA, Modi A, Ohri SK. Does use of intra-operative cerebral regional oxygen saturation monitoring during cardiac surgery lead to improved clinical outcomes? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2009;9:318-22.
4. Deschamps A, Hall R, Grocott H, et al. Cerebral Oximetry Monitoring to Maintain Normal Cerebral Oxygen Saturation during High-risk Cardiac Surgery: A Randomized Controlled Feasibility Trial. *Anesthesiology* 2016;124:826-36.
5. Barry AE, Chaney MA, London MJ. Anesthetic management during cardiopulmonary bypass: a systematic review. *Anesth Analg* 2015;120:749-69.
6. Grocott MP, Dushianthan A, Hamilton MA, et al. Perioperative increase in global blood flow to explicit defined goals and outcomes following surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;11:CD004082.
7. Bellamy MC. Wet, dry or something else? *Br J Anaesth* 2006;97:755-7.
8. Fischer MO, Bonnet V, Lorne E, et al. Assessment of macro- and micro-oxygenation parameters during fractional fluid infusion: A pilot study. *J Crit Care* 2017;40:91-8.

9. Osawa EA, Rhodes A, Landoni G, et al. Effect of Perioperative Goal-Directed Hemodynamic Resuscitation Therapy on Outcomes Following Cardiac Surgery: A Randomized Clinical Trial and Systematic Review. *Crit Care Med* 2016;44:724-33.
10. Li P, Qu LP, Qi D, et al. Significance of perioperative goal-directed hemodynamic approach in preventing postoperative complications in patients after cardiac surgery: a meta-analysis and systematic review. *Ann Med* 2017;49:343-51.
11. Kapoor PM, Magoon R, Rawat R, Mehta Y. Perioperative utility of goal-directed therapy in high-risk cardiac patients undergoing coronary artery bypass grafting: "A clinical outcome and biomarker-based study". *Ann Card Anaesth* 2016;19:638-82.
12. Magruder JT, Crawford TC, Harness HL, et al. A pilot goal-directed perfusion initiative is associated with less acute kidney injury after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;153:118-25 e1.
13. Joosten A, Tircoveanu R, Arend S, Wauthy P, Gottignies P, Van der Linden P. Impact of balanced tetrastarch raw material on perioperative blood loss: a randomized double blind controlled trial. *Br J Anaesth* 2016;117:442-9.
14. Van der Linden PJ, De Hert SG, Deraedt D, et al. Hydroxyethyl starch 130/0.4 versus modified fluid gelatin for volume expansion in cardiac surgery patients: the effects on perioperative bleeding and transfusion needs. *Anesth Analg* 2005;101:629-34, table of contents.
15. Russell JA, Navickis RJ, Wilkes MM. Albumin versus crystalloid for pump priming in cardiac surgery: meta-analysis of controlled trials. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;18:429-37.
16. Magder S, Potter BJ, Varennes BD, Doucette S, Fergusson D, Canadian Critical Care Trials G. Fluids after cardiac surgery: a pilot study of the use of colloids versus crystalloids. *Crit Care Med* 2010;38:2117-24.
17. Menkis AH, Martin J, Cheng DC, et al. Drug, devices, technologies, and techniques for blood management in minimally invasive and conventional cardiothoracic surgery: a consensus statement from the International Society for Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS) 2011. *Innovations (Phila)* 2012;7:229-41.
18. Kozek-Langenecker SA, Ahmed AB, Afshari A, et al. Management of severe perioperative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology: First update 2016. *Eur J Anaesthesiol* 2017;34:332-95.

19. Nakayama Y, Nakajima Y, Tanaka KA, et al. Thromboelastometry-guided intraoperative haemostatic management reduces bleeding and red cell transfusion after paediatric cardiac surgery. *Br J Anaesth* 2015;114:91-102.
20. Murphy GJ, Pike K, Rogers CA, et al. Liberal or restrictive transfusion after cardiac surgery. *N Engl J Med* 2015;372:997-1008.
21. Fischer MO, Lorne E, Vallet B. Liberal or Restrictive Transfusion after Cardiac Surgery. *N Engl J Med* 2015;373:191.
22. Min JJ, Kim G, Lee JH, Hong KY, Kim WS, Lee YT. Does the Type of Anesthetic Technique Affect In-Hospital and One-Year Outcomes after Off-Pump Coronary Arterial Bypass Surgery? *PLoS One* 2016;11:e0152060.
23. Landoni G, Guarracino F, Cariello C, et al. Volatile compared with total intravenous anaesthesia in patients undergoing high-risk cardiac surgery: a randomized multicentre study. *Br J Anaesth* 2014;113:955-63.
24. Sponholz C, Schelenz C, Reinhart K, Schirmer U, Stehr SN. Catecholamine and volume therapy for cardiac surgery in Germany--results from a postal survey. *PLoS One* 2014;9:e103996.
25. Hajjar LA, Vincent JL, Barbosa Gomes Galas FR, et al. Vasopressin versus Norepinephrine in Patients with Vasoplegic Shock after Cardiac Surgery: The VANCS Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology* 2017;126:85-93.
26. Guinot PG, Abou-Arab O, Guilbart M, et al. Monitoring dynamic arterial elastance as a means of decreasing the duration of norepinephrine treatment in vasoplegic syndrome following cardiac surgery: a prospective, randomized trial. *Intensive Care Med* 2017;43:643-51.
27. Guinot PG, Bernard E, Levrard M, Dupont H, Lorne E. Dynamic arterial elastance predicts mean arterial pressure decrease associated with decreasing norepinephrine dosage in septic shock. *Crit Care* 2015;19:14.
28. Fellahi JL, Parienti JJ, Hanouz JL, Plaud B, Riou B, Ouattara A. Perioperative use of dobutamine in cardiac surgery and adverse cardiac outcome: propensity-adjusted analyses. *Anesthesiology* 2008;108:979-87.
29. Nielsen DV, Hansen MK, Johnsen SP, Hansen M, Hindsholm K, Jakobsen CJ. Health outcomes with and without use of inotropic therapy in cardiac surgery: results of a propensity score-matched analysis. *Anesthesiology* 2014;120:1098-108.
30. Landoni G, Lomivorotov VV, Alvaro G, et al. Levosimendan for Hemodynamic Support after Cardiac Surgery. *N Engl J Med* 2017;376:2021-31.

31. Fischer MO, Courteille B, Guinot PG, et al. Perioperative Ventilatory Management in Cardiac Surgery: A French Nationwide Survey. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e2655.
32. Costa Leme A, Hajjar LA, Volpe MS, et al. Effect of Intensive vs Moderate Alveolar Recruitment Strategies Added to Lung-Protective Ventilation on Postoperative Pulmonary Complications: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2017;317:1422-32.
33. Gillinov AM, Bagiella E, Moskowitz AJ, et al. Rate Control versus Rhythm Control for Atrial Fibrillation after Cardiac Surgery. *N Engl J Med* 2016;374:1911-21.
34. Leon MB, Smith CR, Mack MJ, et al. Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med* 2016;374:1609-20.
35. Reardon MJ, Van Mieghem NM, Popma JJ, et al. Surgical or Transcatheter Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med* 2017;376:1321-31.
36. Feldman T, Foster E, Glower DD, et al. Percutaneous repair or surgery for mitral regurgitation. *N Engl J Med* 2011;364:1395-406.
37. KE OS, Bracken-Clarke D, Segurado R, et al. Is local anesthesia the optimum strategy in retrograde transcatheter aortic valve implantation? A systematic review and meta-analysis. *Thorac Cardiovasc Surg* 2014;62:489-97.
38. Tonino PA, De Bruyne B, Pijls NH, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med* 2009;360:213-24.
39. Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. *N Engl J Med* 2009;360:961-72.
40. Authors/Task Force m, Windecker S, Kolh P, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J* 2014;35:2541-619.
41. Chambers J, Sandoe J, Ray S, et al. The infective endocarditis team: recommendations from an international working group. *Heart* 2014;100:524-7.